KATA PENGANTAR

Kurikulum 2013 dirancang untuk memperkuat kompetensi siswa dari sisi sikap, pengetahuan dan keterampilan secara utuh. Keutuhan tersebut menjadi dasar dalam perumusan kompetensi dasar tiap mata pelajaran mencakup kompetensi dasar kelompok sikap, kompetensi dasar kelompok pengetahuan, dan kompetensi dasar kelompok keterampilan. Semua mata pelajaran dirancang mengikuti rumusan tersebut.

Pembelajaran kelas X dan XI jenjang Pendidikan Menengah Kejuruhan yang disajikan dalam buku ini juga tunduk pada ketentuan tersebut. Buku siswa ini diberisi materi pembelajaran yang membekali peserta didik dengan pengetahuan, keterampilan dalam menyajikan pengetahuan yang dikuasai secara kongkrit dan abstrak, dan sikap sebagai makhluk yang mensyukuri anugerah alam semesta yang dikaruniakan kepadanya melalui pemanfaatan yang bertanggung jawab.

Buku ini menjabarkan usaha minimal yang harus dilakukan siswa untuk mencapai kompetensi yang diharuskan. Sesuai dengan pendekatan yang digunakan dalam kurikulum 2013, siswa diberanikan untuk mencari dari sumber belajar lain yang tersedia dan terbentang luas di sekitarnya. Peran guru sangat penting untuk meningkatkan dan menyesuaikan daya serp siswa dengan ketersediaan kegiatan buku ini. Guru dapat memperkayanya dengan kreasi dalam bentuk kegiatan-kegiatan lain yang sesuai dan relevan yang bersumber dari lingkungan sosial dan alam.

Buku ini sangat terbuka dan terus dilakukan perbaikan dan penyempurnaan. Untuk itu, kami mengundang para pembaca memberikan kritik, saran, dan masukan untuk perbaikan dan penyempurnaan. Atas kontribusi tersebut, kami ucapkan terima kasih. Mudah-mudahan kita dapat memberikan yang terbaik bagi kemajuan dunia pendidikan dalam rangka mempersiapkan generasi seratus tahun Indonesia Merdeka (2045).

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR TABEL

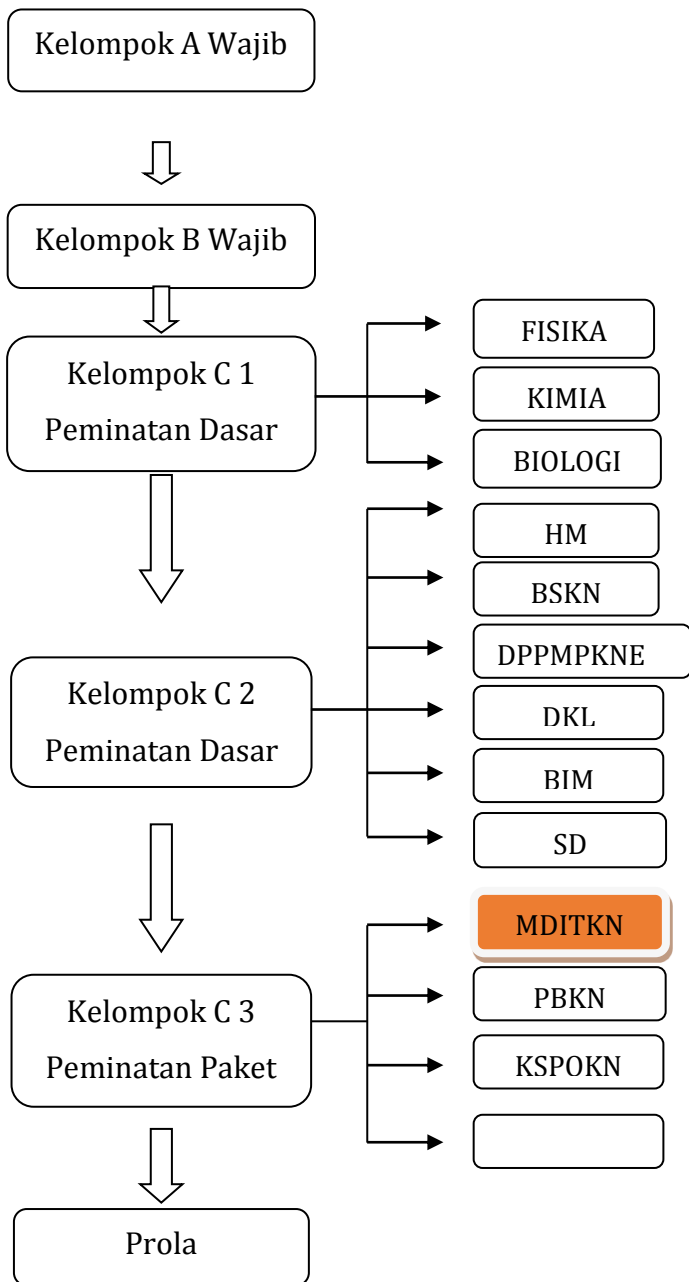
PETA KEDUDUKAN BAHAN AJAR

Buku teks Motor Diesel dan Instalasi Tenaga Kapal Niaga ini merupakan salah satu persyaratan utama yang harus dipelajari oleh peserta didik paket keahlian Nautika Kapal Niaga maupun Teknika Kapal Niaga, untuk. Dalam struktur kurikulum 2013 mata pelajaran Motor Diesel dan Instalasi Tenaga Kapal masuk dalam kelompok C3 yaitu Peminatan Paket Keahlian.

Adapun Kompetensi Inti yang harus dipelajari oleh peserta didik paket keahlian Teknika Kapal Niaga , yaitu:

A. Hukum Maritim (HM)
B. Bangunan dan Stabilitas Kapal Niaga (BSKN)
C. Dasar –dasar Penanganan Pengaturan Muatan-Permesinan Kapal Niaga dan Elektronika (DPPMPKNE)
D. Dasar – Dasar Keselamatan di Laut (DKL)
E. Bahasa Inggris Maritim (BIM)
F. Simulasi Digital (SD)
G. Motor Diesel dan Instalasi Tenaga Kapal Niaga (MDITKN)
H. Pesawat Bantu Kapal Niaga(PBNK)
I. Kelistrikan,Sistem Pengendalian dan Otomatisasi Kapal Niaga (KSPOKN)
J. Dinas Jaga Permesinan Kapal Niaga(DJPKN)

Adapun peta kedudukan buku teks motor diesel dan instalasi tenaga kapal niaga dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

Kelompok A Wajib
Kelompok B Wajib
Kelompok C 1
Peminatan Dasar
FISIKA
KIMIA
BIOLOGI
HM
BSKN
DPPMPKNE
Kelompok C 2
Peminatan Dasar
DKL
BIM
SD
MDITKN
PBKN
Kelompok C 3
Peminatan Paket
KSPOKN
Prola

GLOSARIUM

- **Additive**

  adalah suatu senyawa yang ditambahkan ke senyawa lain.

- **Amplitudo**

  adalah sebuah gelombang yang tidak lepas dari frekuensi dan waktu.

- **Atomisasi**

  istilah lainnya pembentukan atom.

- **Axial turbocharger**

  adalah turbocharger yang sejajar dengan poros.

- **Blower turbocharger**

  adalah bagian turbocharger yang berfungsi menghembuskan atau meniup udara.

- **Cetane number (bilangan setana) atau angka cetan**

  adalah adalah suatu indeks yang biasa digunakan pada motor diesel untuk menunjukkan tingkat kepekaannya terhadap detonasi (ledakan).

- **Daur**

  adalah urutan proses yang berulang – ulang (dari awal ke akhir lalu kembali ke awal lagi).

- **DC atau arus searah**

  adalah arus listrik yang arahnya selalu tetap terhadap waktu.

- **Deformasi**

  istilah lainnya adalah perubahan bentuk.

– **Detonasi**

adalah fenomena yang disebabkan karena adannya peningkatan dalam ruang bakar yang sangat cepat sehingga campuran bahan bakar terbakar sangat cepat.

– **Distribusi bahan bakar**

adalah penyaluran bahan bakar.

– **Dispersi bahan bakar**

adalah penyebaran bahan bakar.

– **Ekses udara**

istilah lainnya dampak udara.

– **Ekspansi gas**

adalah proses pemuaian pada gas dan uap jika dipanaskan.

– **Energi kinetis**

adalah energi gerak yang diperoleh sebagai gerakan dari obyek, partikel, atau seperangkat partikel.

– **Energi Mekanis**

adalah hasil jumlah dari energi potensial dan energi kinetis yang ada dalam komponen – komponen sistem mekanis.

– **Fenomena fisik**

adalah kejadian – kejadian yang disebabkan oleh berbagai teori fisika.

– **Fenomena kimia**

adalah kejadian – kejadian yang disebabkan oleh materi dan perubahan yang menyertainya.

– **Flash point atau titik nyala**

adalah suhu terendah dimana bahan bakar mengeluarkan uap dan menyala jika diberikan rangsangan panas yang cukup.

– **Flywheel**

istilah lainnya roda penerus.

– **Frekuensi pembakaran**

adalah ukuran jumlah putaran ulang per peristiwa dalam satuan waktu yang diberikan.

– **Gasoline atau bensin**

adalah cairan bening, agak kekuning-kuningan dan berasal dari pengolahan minyak bumi yang sebagian besar digunakan sebagai bahan bakar sistem pembakaran dalam.

– **Gaya sentrifugal**

adalah gaya gerak melingkar yang berputar menjauhi pusat lingkaran dimana nilainya adalah positif.

– **Gear box**

adalah suatu komponen instalasi penggerak utama kapal yang berfungsi untuk mengubah putaran motor atau mengubah gerak maju mundur.

– **Glow plug**

istilah lainnya plug cahaya atau busi pijar.

– **Hipotetik**

mempunyai arti kata hubungan.

– **Injeksi**

adalah sebuah sistem mekanis yang mengatur bahan bakar sehingga dapat berbentuk kabut halus.

– **Intercooler**

adalah alat yang berfungsi mendinginkan udara.

– **Kabut asap foto kimia**

adalah campuran kompleks dari berbagai pencemar yang terbentuk karena reaksi – reaksi kimia yang terjadi dengan adanya sinar matahari.

– **Kompresi**

adalah pemadatan tekanan oleh torak didalam silinder.

– **Korosi atau karat**

adalah kerusakan atau degradasi logam akibat reaksi dengan lingkungan yang korosif atau berkarat. Korosi dapat juga diartikan sebagai serangan yang merusak logam karena logam bereaksi secara kimia atau elektrokimia dengan lingkungan.

– **Kunci kontak**

adalah alat yang menghubungkan dan memutuskan arus listrik.

– **Motor starter**

merupakan penggerak awal untuk memulai gerakan mesin.

– **Penetrasi pengabutan**

adalah masuknya injektor kedalam silinder.

– **Pembakaran**

adalah suatu proses reaksi kimia antara suatu bahan bakar dan suatu oksidan disertai dengan hasil panas yang berbentuk api.

– **Polutan**

adalah zat atau bahan yang dapat menyebabkan pencemaran terhadap lingkungan (baik pencemaran udara ,air,tanah dan sebagainya).

- **Propeller shaft**

  adalah poros propeller/batang penghubung yang berfungsi menyalurkan tenaga dari gear box ke propeller.

- **Propeller atau baling-baling**

  adalah komponen dari instalasi tenaga kapal yang berfungsi memusar air sehingga menghasilkan dorongan kapal .

- **Radial turbocharger**

  adalah turbocharger yang memusat atau melingkar.

- **Resonansi**

  adalah proses bergetarnya suatu benda karena adanya benda lain yang bergetar.

- **RPM(Rotation Per Minute) atau putaran per menit**

  adalah ukuran yang digunakan untuk menyatakan kecepatan.

- **Seal**

  adalah suatu komponen penyekat.

- **Sudu-sudu**

  adalah daun mekanis dari sebuah turbin.

- **Temperatur atau suhu**

  adalah suatu besaran yang menyatakan ukuran derajat panas atau dinginnya suatu benda.

- **TMA atau titik mati atas atau top dead center**

  adalah batasan atas pergerakan torak dalam silinder motor.

- **TMB atau titik mati bawah atau bottom dead center**

  adalah batasan bawah pergerakan torak dalam silinder motor.

- **Turbin turbocharger**

  adalah mesin yang berputar yang memanfaatkan tenaga dari aliran gas buang.

- **Turbocharger**

  adalah suatu alat yang berfungsi untuk menambah pemasukan udara segar dengan cara memanfaatkan gas buang untuk menggerakkan turbin sehingga blower menghisap udara segar.

- **Turbulensi**

  yaitu penyebaran panas secara berputar-putar. Hal ini menyebabkan udara yang sudah panas bercampur dengan udara dingin sehingga udara yang dingin ini akan menjadi panas pula. Daerah dingin yang terkena turbulensi udaranya akan menjadi hangat.

- **Throttling**

  istilah lainnya klep penutup.

I. PENDAHULUAN

A. Deskripsi

Mata pelajaran motor diesel dan instalasi tenaga kapal niaga ini mengacu pada kurikulum 2013 yang merupakan pengganti dari kurikulum sebelumnya. Pada mata pelajaran ini membahas 2 kegiatan belajar, yaitu kegiatan belajar 1 membahas sistem pembakaran motor diesel dan kegiatan belajar 2 membahas sistem penjalan (*starting*).

Materi yang terkandung dalam kegiatan belajar 1 para peserta didik akan mempelajari bagaimana sistem pembakaran dapat terjadi pada motor diesel? Diharapkan setelah mempelajari materi ini peserta didik mampu untuk menjelaskan proses pembakaran yang terjadi sehingga apabila ada kerusakan yang terjadi pada motor diesel dapat menganalisa kerusakan yang terjadi berkaitan dengan sistem pembakarannya.

Materi yang terkandung dalam kegiatan belajar 2 para peserta didik akan mempelajari sistem penjalan (*starting*) yang digunakan pada kapal-kapal niaga. Setelah mempelajari materi ini peserta didik diharapkan mampu menjelaskan cara kerja sistem penjalan sehingga apabila ada kerusakan yang berkaitan dengan sistem penjalan dapat memperbaikinya dan kegiatan operasional kapal tidak terganggu.

B. Prasyarat

Untuk mempelajari buku teks motor diesel dan instalasi tenaga kapal niaga ini peserta didik dipersyaratkan untuk menuntaskan mata pelajaran dasar-dasar permesinan kapal niaga yang telah diberikan di kelas X semester 1 dan semester 2. Dengan menguasai dasar-dasar permesinan kapal niaga, peserta didik akan mudah memahami materi yang dituangkan dalam buku teks ini karena ada keterkaitan

materi yang telah diberikan di kelas X dengan materi sistem pembakaran dan sistem penjalan (*starting*). Materi sistem pembakaran merupakan pembahasan spesifik dari cara kerja motor diesel, sedangkan sistem penjalan (*starting*) melanjutkan materi pada sistem penjalan (*starting*) yang diberikan di kelas X.

C. Petunjuk Penggunaan Bahan Ajar

1. Penjelasan bagi peserta didik

Buku teks ini memberikan pengetahuan kepada peserta didik tentang materi yang harus di pelajari kelas XI semester 3 paket keahlian Teknika Kapal Niaga. Adapun materi pembelajaran akan disajikan dalam dua tahapan kegiatan belajar, yaitu

1) Sistem pembakaran motor diesel dan
2) Sistem penjalan (*starting*).

a. Langkah-langkah belajar yang harus ditempuh

Untuk mencapai tujuan pembelajaran dan kompetensi yang harus dikuasai oleh kelas XI semester 3, materi pembelajaran akan dituangkan dalam beberapa kategori seperti uraian materi, refleksi, rangkuman, tugas dan tes formatif yang merupakan satu keutuhan pembelajaran.

Dalam buku teks ini materi pembelajaran diuraikan hanya materi pokoknya saja sehingga untuk memperkaya pengetahuan dan wawasan tentang sistem pembakaran motor diesel dan sistem penjalan (*starting*), peserta didik disarankan untuk membaca buku/literatur yang lain berhubungan dengan materi ini atau mengakses di internet. Semakin banyak bahan ajar yang masuk akan mempermudah peserta didik dalam memahami suatu materi.

b. Perlengkapan yang harus dipersiapkan :

Agar pembelajaran dapat berjalan sesuai dengan tujuan yang diharapkan maka diperlukannya beberapa peralatan dan bahan yang mendukung, sesuai dengan materi yang diajarkan. Adapun alat dan bahan yang diperlukan meliputi :

Perlengkapan di bengkel	Perlengkapan di ruang kelas	Bahan
▪ Mesin peraga belah motor diesel 1 silinder. ▪ Mesin diesel 4 silinder ▪ Kompresor dan botol angin. ▪ Akumulator dan motor starter. ▪ Motor diesel 1 silinder (start manual / engkol).	▪ LCD dan komputer . ▪ Film tentang sistem pembakaran motor diesel. ▪ Film tentang sistem penjalan (starting).	▪ Kain lap/kain majun (Waste cotton). ▪ Minyak pelumas. ▪ Solar

c. Hasil

Keluaran/*output* materi sistem pembakaran dan sistem penjalan (*starting*) ini adalah peserta didik diharapkan mampu menjelaskan dan menguasai serta mengimplementasikan dalam kehidupan nyata di lapangan untuk menyelesaikan kerusakan yang terjadi pada motor diesel di kapal.

Dengan bekal pengetahuan ini akan menjadikan peserta didik menjadi lebih percaya diri dalam melakukan pekerjaan di kapal dan semakin menambah ilmu tentang motor diesel sebagai hasil dari pengalaman di lapangan.

d. Prosedur Sertifikasi

Kompetensi dasar tentang sistem pembakaran dan sistem penjalan (*starting*) menekankan kepada peserta didik agar mampu menguasai sistem

pembakaran dan sistem penjalan (*starting*) dengan benar sehingga dapat membantu dalam menyelesaikan masalah/kerusakan yang sering terjadi pada motor diesel dan mempermudah dalam perbaikan dan perawatan motor diesel. Apabila peserta didik telah menyelesaikaan uji kompetensi pada buku teks ini dapat melanjutkan materi belajar pada buku teks berikutnya yang berisi tentang menerapkan *firing order*, menjalankan motor diesel, menganalisis tenaga mesin dan menghitung tenaga mesin. Sekolah dapat mengajukan peserta didik untuk mengikuti uji kompetensi di tempat uji kompetensi yang diselenggarakan oleh Panitia Uji Kompetensi dan sertifikasi (PUKS) Atau Lembaga Uji Kompetensi yang telah ditunjuk.

2. Peran Guru

1) Membantu peserta didik melakukan rencana pembelajaran.
2) Melakukan pembimbingan terhadap peserta didik dalam menyelesaikan tugas-tugas belajar.
3) Membantu menjelaskan konsep baru dan menjawab pertanyaan yang yang diajukan oleh peserta didik .
4) Mendorong peserta didik untuk melakukan pengayaan sumber belajar dengan cara mencari literatur lain atau mengakses internet.
5) Mendorong peserta didik untuk memanfaatkan teknologi informasi dan komunikasi yang dapat mendukung kemajuan pembelajaran.
6) Mengorganisasikan kegiatan peserta didik supaya dapat berjalan dengan lancar agar sesuai dengan tujuan yang diharapkan.
7) Mengundang narasumber dari dunia usaha/dunia industri untuk menambah wawasan dan pengetahuan peserta didik.
8) Menerapkan pembelajaran yang aktif, kreatif dan menyenangkan.
9) Melakukan rencana penilaian dan melengkapi perangkatnya

10) Melakukan pemahaman kepada peserta didik bahwa penilaian meliputi sikap, kognitif dan keterampilan.
11) Melaksanakan penilaian sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan.
12) Mencatat pencapaian kemajuan peserta didik.

D. Tujuan Akhir

Untuk kegiatan belajar 1 tentang sistem pembakaran bertujuan agar peserta didik dapat menjelaskan tentang sistem pembakaran yang terjadi pada motor diesel dengan benar.

Sedangkan untuk kegiatan pembelajaran 2 tentang sistem penjalan (starting) bertujuan agar peserta didik dapat menjelaskan macam-macam sistem start yang dipakai pada motor diesel dan mengetahui cara kerjanya dengan benar.

E. Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar

Kompetensi Inti

KI 1 : Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya

KI 2 : Menghayati dan mengamalkan perilaku jujur, disiplin, tanggung- jawab, peduli (gotong royong, kerjasama, toleran, damai), santun, responsif dan pro-aktif dan menunjukan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia

KI 3 : Memahami, menerapkan, dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural, dan metakognitif berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dalam

wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian dalam bidang kerja yang spesifik untuk memecahkan masalah

KI 4 : Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, bertindak secara efektif dan kreatif, dan mampu melaksanakan tugas spesifik di bawah pengawasan langsung

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Pembelajaran	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
1.1 Meyakini anugerah Tuhan pada pembelajaran motor diesel dan instalasi tenaga kapal niaga sebagai amanat untuk kemaslahatan umat manusia.					
2.1					
3.1 Mengidentifikasi sistem pembakaran sesuai dengan spesifikasi mesin diesel 4.1 Menentukan sistem pembakaran sesuai dengan spesifikasi mesin diesel	sistem pembakaran sesuai dengan spesifikasi mesin diesel : 1. Instalasi tenaga kapal niaga 2. Reciprocating steam engine 3. Marine (steam) turbines 4. Internal combustion engines (diesel engine) 5. Gas turbine 6. Sistem bahan bakar 7. Sistem pompa pribadi 8. Sistem pompa	2.2 Menghayati sikap cermat, teliti dan tanggungjawab sebagai hasil dari pembelajaran motor diesel dan instalasi tenaga kapal niaga 2.3 Menghayati pentingnya kerjasama sebagai hasil pembelajaran motor diesel dan instalasi tenaga kapal niaga 2.4 Menghayati pentingnya	**Tugas** Membuat paper sistem pembakaran sesuai dengan spesifikasi mesin diesel **Observasi** Ceklist lembar pengamatan kegiatan presentasi kelompok **Portofolio** Laporan tertulis tentang sistem pembakaran sesuai dengan spesifikasi mesin diesel **Tes**	40 JP	• Wiranto Arismunandar dan Koichi Tsuda. Motor Diesel Putaran Tinggi. Pradnya Paramita. Jakarta. 1990 • Harsanto. Motor Bakar. Djambatan. Jakarta. 1981 • Yanmar Diesel Engine 1, 2, 3 & 4. Yanmar Diesel Engine Co. Ltd • Anonimous.

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Pembelajaran	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
	distribusi 9. Sistem akumulator 10. Tangki bahan bakar 11. Sistem pelumasan 12. Sistem pendinginan 13. Sistem starting 14. Pengoperasian insta-lasi tenaga kapal 15. Bagian-bagian instalasi tenaga penggerak kapal 16. Poros propeller kapal 17. Bagian-bagian poros 18. Bantalan poros propeller kapal 19. Maneuver kapal 20. Teori desain propeller kapal 21. Macam tipe propeller 22. Macam kopling poros propeller 23. Fungsi gear box 24. Reduction gear 25. Transmisi daya	kepedulian terhadap kebersihan lingkungan workshop/bengkel praktek sebagai hasil dari pembelajaran motor diesel dan instalasi tenaga kapal niaga 2.5 Menghayati pentingnya bersikap jujur, disiplin serta bertanggungjawab sebagai hasil dari pembelajaran motor diesel dan instalasi tenaga kapal niaga	Tes tertulis bentuk uraian dan/atau pilihan ganda		• Suyanto. Pesawat Kapal. Pradnya Paramita. Jakarta.1983 • Priambodo B, dalam V.L Maleev, 1995 Operasi dan Pemeliharaan Mesin Disel (Diesel Engine Operation and Maintenance). Erlangga, Jakarta.

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Pembelajaran	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
	26. Interaksi kapal-mesin propeller 27. Cara desain propeller kapal 28. Pengenalan mesin penggerak kapal 29. Propeller kapal (baling-baling kapal) 30. Propulsi kapal 31. Perawatan dan perbaikan instalasi tenaga kapal niaga 32. Overhaul komponen motor penggerak 33. Overhaul komponen sistem pendingin 34. Pemasangan pengu-jian dan pemerik-saan instalasi tenaga penggerak 35. Pemasangan sistem hidrolik 36. Pemeliharaan servis engine dan komponennya 37. Pemeliharaan				

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Pembelajaran	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
	servis sistem hidrolik 38. Perbaikan poros penggerak 39. Perbaikan sistem kemudi 40. Perbaikan sistem pengabutan 41. Cara merawat mesin diesel 42. Pembacaan dan pemahaman gambar teknik instalasi tenaga ppenggerak				
3.2 Mengidentifikasi sistem *starting* sesuai dengan spesifikasi mesin 4.2 Menentukan sistem *starting* sesuai dengan spesifikasi mesin	sistem *starting* sesuai dengan spesifikasi mesin : 1. Instalasi tenaga kapal niaga 2. Reciprocating steam engine 3. Marine (steam) turbines 4. Internal combustion engines (diesel engine) 5. Gas turbine 6. Sistem bahan	**Mengamati** Mencari informasi tentang sistem *starting* sesuai dengan spesifikasi mesin serta aplikasi dalam kegiatan pada kapal niaga melalui berbagai sumber **Menanya** Diskusi kelompok tentang kaitan dengan sistem *starting* sesuai	**Tugas** Membuat paper sistem *starting* sesuai dengan spesifikasi mesin **Observasi** Ceklist lembar pengamatan kegiatan presentasi kelompok **Portofolio** Laporan tertulis tentang sistem	40 *JP*	• Wiranto Arismunandar dan Koichi Tsuda. Motor Diesel Putaran Tinggi. Pradnya Paramita. Jakarta. 1990 • Harsanto. Motor Bakar. Djambatan. Jakarta. 1981 • Yanmar Diesel Engine 1, 2, 3

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Pembelajaran	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
	bakar 7. Sistem pompa pribadi 8. Sistem pompa distribusi 9. Sistem akumulator 10. Tangki bahan bakar 11. Sistem pelumasan 12. Sistem pendinginan 13. Sistem starting 14. Pengoperasian insta-lasi tenaga kapal 15. Bagian-bagian instalasi tenaga penggerak kapal 16. Poros propeller kapal 17. Bagian-bagian poros 18. Bantalan poros propeller kapal 19. Maneuver kapal 20. Teori desain propeller kapal 21. Macam tipe propeller 22. Macam kopling	dengan spesifikasi mesin **Eksperimen/explore** • Demonstrasi sistem *starting* sesuai dengan spesifikasi mesin secara berkelompok • Eksplorasi pemecahan masalah terkait sistem *starting* sesuai dengan spesifikasi mesin **Asosiasi** Menyimpulkan sistem *starting* sesuai dengan spesifikasi mesin **Mengkomunikasikan** Wakil masing-masing kelompok mempresentasikan hasil demonstrasi sistem *starting* sesuai dengan spesifikasi mesin secara berkelompok	*starting* sesuai dengan spesifikasi mesin **Tes** Tes tertulis bentuk uraian dan/atau pilihan ganda		& 4. Yanmar Diesel Engine Co. Ltd • Anonimous. • Suyanto. Pesawat Kapal. Pradnya Paramita. Jakarta.1983 • Priambodo B, dalam V.L Maleev, 1995 Operasi dan Pemeliharaan Mesin Disel (Diesel Engine Operation and Maintenance). Erlangga, Jakarta.

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Pembelajaran	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
	poros propeller 23. Fungsi gear box 24. Reduction gear 25. Transmisi daya 26. Interaksi kapal-mesin propeller 27. Cara desain propeller kapal 28. Pengenalan mesin penggerak kapal 29. Propeller kapal (baling-baling kapal) 30. Propulsi kapal 31. Perawatan dan perbaikan instalasi tenaga kapal niaga 32. Overhaul komponen motor penggerak 33. Overhaul komponen sistem pendingin 34. Pemasangan pengu-jian dan pemerik-saan instalasi tenaga penggerak 35. Pemasangan sistem hidrolik				

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Pembelajaran	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
	36. Pemeliharaan servis engine dan komponennya 37. Pemeliharaan servis sistem hidrolik 38. Perbaikan poros penggerak 39. Perbaikan sistem kemudi 40. Perbaikan sistem pengabutan 41. Cara merawat mesin diesel 42. Pembacaan dan pemahaman gambar teknik instalasi tenaga penggerak				

F. Cek Kemampuan Awal

Sebelum peserta didik mempelajari materi di buku teks ini jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini untuk mengetahui seberapa luas materi yang berkaitan dengan sistem pembakaran motor diesel dan sistem penjalan (*starting*). Secara ringkas cek kemampuan awal peserta didik diuraikan sebagai berikut :

NO	PERTANYAAN	YA	TIDAK
1	Saya dapat menjelaskan unsur – unsur yang menyebabkan terjadinya pembakaran		
2	Saya dapat menjelaskan jenis – jenis ruang bakar pada motor diesel		
3	Saya dapat menjelaskan system penjalan (*starting*) manual.		
4	Saya dapat menjelaskan sistem penjalan (*starting*) elektrik.		
5	Saya dapat menjelaskan system penjalan (starting) dengan udara tekan.		

Apabila setiap pertanyaan anda jawab “ **Ya**” berarti kerjakanlah dengan tuntas setiap soal yang ada. Sedangkan jika setiap pertanyaan anda jawab “**Tidak**” maka pelajarilah buku teks ini.

II. PEMBELAJARAN

KEGIATAN PEMBELAJARAN 1. SISTEM PEMBAKARAN MOTOR DIESEL

A. Deskripsi

1. Pengertian

Mata pelajaran motor diesel dan instalasi tenaga kapal niaga ini diperuntukkan untuk peserta didik paket keahlian teknika kapal niaga kelas XI semester 3. Motor diesel dan instalasi tenaga kapal niaga mempelajari tentang motor diesel (penggerak utama kapal) dan instalasi tenaga kapal niaga yang terdiri dari *gear box* (untuk menggerakkan kapal maju mundur), *propeller shaft* (meneruskan tenaga dari *gear box* ke *propeller*), *propeller* (menghasilkan daya dorong kapal dari hasil putaran). Untuk kegiatan pembelajaran 1 ini lingkup materi yang dibahas hanya mengenai sistem pembakaran motor diesel saja.

2. Rasional

Dalam kehidupan yang serba modern ini motor diesel sebagai penggerak utama kapal masih tetap dipakai. Hal ini dikarenakan motor diesel mempunyai beberapa keuntungan dibandingkan dengan motor bakar yang lain. Selain dipakai pada dunia pelayaran, motor diesel juga banyak dipakai pada alat berat seperti *eskavator*, pada alat pertanian seperti *handtraktor*, pada kendaraan berat seperti truk.

Dengan banyaknya manfaat yang didapat dari penggunaan motor diesel ini maka Anda sebagai sumber daya manusia pada paket keahlian teknika kapal niaga harus dapat melakukan pengoperasian, perawatan dan perbaikan motor diesel. Untuk itu ilmu-ilmu yang berhubungan dengan motor diesel harus dipelajari

3. Ruang lingkup materi

Pada kegiatan pembelajaran 1 mengenai sistem pembakaran pada motor diesel lingkup materi yang diajarkan meliputi : motor diesel secara umum, penyebab ledakan pembakaran, garis besar penyalaan kompresi, proses pembakaran, perbandingan campuran, beberapa harga perbandingan campuran teoritis, batas asap, gangguan bunyi, ledakan diesel (detonasi atau knock diesel), bilangan cetan, nilai oktan, konstruksi ruang bakar, tekanan bahan bakar dan turbocharger.

B. Kegiatan Belajar

1. Tujuan Pembelajaran

Mata pelajaran Motor Diesel dan Instalasi Tenaga Kapal Niaga(MDITKN) bertujuan untuk:

1) Menambah keimanan peserta didik dengan menyadari bahwa motor diesel dan instalasi tenaga kapal niaga merupakan kebesaran Tuhan yang menciptakannya.
2) Menyadari kebesaran Tuhan yang menciptakan bumi dan seisinya yang memungkinkan bagi makhluk hidup untuk tumbuh dan berkembang.
3) Menunjukkan perilaku ilmiah (memiliki rasa ingin tahu, objektif, jujur, teliti, cermat, tekun, ulet, hati-hati, bertanggung jawab, terbuka, kritis, kreatif, inovatif dan peduli lingkungan) dalam aktivitas sehari-hari sebagai wujud implementasi sikap ilmiah dalam melakukan pembelajaran motor diesel dan instalasi tenaga kapal niaga.
4) Menghargai kerja individu dan kelompok dalam aktivitas sehari-hari sebagai wujud implementasi melaksanakan kegiatan dan melaporkan hasil kegiatan.
5) Memupuk sikap ilmiah yaitu jujur, obyektif, terbuka, ulet, kritis dan dapat bekerjasama dengan orang lain.

6) Mengembangkan pengalaman menggunakan metode ilmiah untuk merumuskan masalah, mengajukan dan menguji hipotesis, mengumpulkan, mengolah, dan menafsirkan data, serta mengkomunikasikan hasil pembelajaran motor diesel dan instalasi tenaga kapal niaga secara lisan dan tertulis.
7) Mengembangkan kemampuan bernalar dalam berpikir analisis induktif dan deduktif dengan menggunakan konsep dan prinsip permesinan kapal niaga untuk menjelaskan berbagai peristiwa dan menyelesaian masalah baik secara kualitatif maupun kuantitatif.
8) Menguasai konsep dan prinsip motor diesel dan instalasi tenaga kapal niaga serta mempunyai keterampilan mengembangkan pengetahuan, dan sikap percaya diri sebagai bekal kesempatan untuk melanjutkan pendidikan pada jenjang yang lebih tinggi serta mengembangkan ilmu pengetahuan dan teknologi.
9) Menguasai konsep khususnya proses pembakaran yang terjadi pada motor diesel.

2. Uraian Materi

a. Umum

Motor bakar adalah mesin kalor dimana gas panas yang diperolah dari proses pembakaran di dalam mesin itu sendiri dan langsung dipakai untuk melakukan kerja mekanis.

Menurut putarannya motor diesel dikelompokkan menjadi 3 yaitu :

- Motor diesel putaran tinggi (kecepatan putarnya diatas 1000 rpm).
- Motor diesel putaran sedang (kecepatan putarnya antara 500 – 1000 rpm).
- Motor diesel putaran rendah (kecepatan putarnya dibawah 500 rpm).

Dalam sejarah perkembangannya kurang lebih seratus tahun sejak dibuat untuk pertama kalinya, motor bakar torak adalah penggerak mula yang ringan dan kompak. Meskipun mesin pancar menempati posisi yang terbaik sebagai mesin propulsi pesawat terbang ,namun motor bakar masih unggul dipakai sebagai penggerak kendaraan bermotor, kereta api, kapal mesin konstruksi (alat-alat besar), mesin pertanian,pompa, generator listrik dan sebagainya.

Pada motor diesel yang perlu diperhatikan adalah gas buangnya yang berbahaya apabila konsentrasinya didalam atmosfir terlalu tinggi. Oleh karena itu, polusi yang timbul dikarenakan oleh kendaraan bermotor. Jika dibandingkan dengan motor bensin gas buang motor diesel tidak banyak mengandung komponen yang beracun. Untuk itu merupakan syarat yang mutlak bahwa mengurangi polusi udara adalah faktor penting dalam pemakaian sebuah motor bakar.

Pemakaian bahan bakar motor diesel kira-kira 25% lebih rendah daripada motor bensin, sedangkan dalam segi harga bahan bakarnya lebih murah dari motor bensin. Hal itulah yang menyebabkan motor diesel lebih hemat dibandingkan dengan motor bensin. Namun karena perbandingan kompresinya yang tinggi maka tekanan kerja motor diesel menjadi lebih tinggi daripada motor bensin. Untuk itu motor diesel dibuat lebih kuat dan kokoh serta lebih berat.

Dalam segi harga, motor diesel lebih mahal karena harga pompa penyemprot bahan bakarnya yang tinggi. Dalam mengeluarkan bunyi motor diesel suaranya keras, warna dan bau gas buang yang kurang menyenangkan. Tetapi kalau dilihat dari sudut pandang yang berkenaan dengan bahan bakar dan polusi motor diesel lebih diminati dan disukai.

Bahan bakar motor diesel, pada mulanya memakai batubara. Tetapi dalam perkembangannya menggunakan batubara kurang efisien dan tidak efektif maka dicarilah sumber tenaga lain yang praktis dan efisien. Untuk itu

digunakanlah bahan bakar cair sebagai penggantinya. Bahan bakar ini dapat berupa minyak berat dan minyak ringan. Saat ini bahan bakar yang dipakai untuk motor diesel di masyarakat adalah solar.

Mesin diesel merupakan jenis mesin pembakaran dalam, sesuai dengan penyebutannya pengertian dari mesin pembakaran dalam adalah proses terjadinya pembakaran terjadi di dalam silinder mesin itu sendiri.

Untuk pemakaian mesin penggerak di kapal niaga selain mesin diesel juga ada yang menggunakan mesin uap. Mesin uap termasuk dalam kategori mesin pembakaran luar. Pengertian dari mesin pembakaran luar adalah suatu mesin yang proses pembakarannya terjadi diluar silinder mesin.

Mesin diesel sangat cocok dipakai pada kapal-kapal niaga karena dibandingkan dengan mesin uap lebih menguntungkan.

Adapun karakteristik daripada mesin diesel yang membedakan dengan jenis mesin lain adalah Sistem penyalaan bahan bakarnya, puntiran mesin, dan efisiensi panas.

a) Sistem penyalaan bahan bakar

   Saat proses pembakaran, bahan bakar yang masuk ke dalam silinder terlebih dahulu harus disemprotkan dalam bentuk kabut halus sedangkan untuk panasnya didapat dari pemampatan/kompresi udara didalam silinder (udara bertekanan tinggi). Selama kompresi udara dalam silinder maka suhu udara akan semakin meningkat,ketika bahan bakar yang berbentuk kabut bersinggungan dengan udara panas maka akan terjadi pembakaran. Dengan adanya proses seperti ini maka motor diesel dikenal juga mesin penyalaan kompresi.

b) Puntiran yang dihasilkan oleh mesin tidak bergantung pada kecepatan.

   Hal ini disebabkan banyaknya udara yang masuk kedalam silinder sehingga bahan bakar yang terbakar akan menimbulkan aksi torak.

c) Efisiensi panas yang dihasilkan lebih tinggi dari pada mesin lain. Serta pemakaian bahan bakar yang lebih sedikit untuk penyediaan daya yang sama.

Mesin diesel dapat beroperasi pada daur tekanan konstan dan beroperasi pada daur kombinasi. Mesin dengan tekanan konstan adalah mesin besar injeksi udara kecepatan rendah. Sedangkan mesin yang beroperasi pada daur kombinasi adalah saat pertama tekanan menanjak sampai pada puncaknya selama bagian pertama dari pembakaran, kemudian tetap atau konstan, dan mulai turun menuju akhir dari proses pembakaran,daur ini khusus untuk mesin injeksi tanpa udara kecepatan menengah atau tinggi.

b. Pembakaran

1) Penyebab ledakan pembakaran

Pembakaran yang terjadi didalam silinder merupakan proses kimiawi yang menggabungkan tiga unsur pembakaran. Ketiga unsur ini dikenal dengan segitiga api. Pembakaran tidak akan terjadi apabila salah satu dari ketiga unsur tersebut dihilangkan.

Adapun unsur - unsur pembakaran tersebut adalah

– Bahan yang mudah terbakar atau bahan bakar

  Untuk motor diesel bahan bakar yang dipakai untuk pembakaran memakai solar.

– Api atau panas

  Panas untuk pembakaran pada motor diesel didapatkan dari hasil pemampatan dalam silinder dengan tekanan yang tinggi.

– Udara

Udara yang diperlukan untuk pembakaran adalah udara segar.

Gambar 1. Segitiga api

(Sumber :www.pkppksupadio.wordpress.com, diakses jam 08.04 Am tanggal 04 November 2013)

Bahan bakar yang dipakai pada motor diesel menggunakan solar. Solar ini akan disemprotkan kedalam ruang bakar berbentuk kabut halus. Alat untuk menginjeksikan bahan bakar ini dinamakan injektor/pengabut.

Panas untuk melakukan pembakaran pada motor diesel didapatkan dari pemampatan udara di dalam silinder. Pemampatan udara ini akan mengakibatkan kenaikan tekanan dan temperatur. Temperatur yang tinggi akan menimbulkan panas yang tinggi pula.

Tekanan udara didalam silinder saat akhir langkah kompresi adalah kira-kira 40-45 kg/cm^2 dan suhunya kira-kira 500 – 600^0 C. Dengan tekanan dan suhu tinggi ini apabila bahan bakar yang berupa kabut diinjeksikan secara otomatis akan terbakar.

Udara yang dimasukkan kedalam silinder merupakan udara segar. Udara segar dimasukkan kedalam silinder melalui 2 metode yaitu:

- Penghisapan alamiah
- Pengisian lanjut .

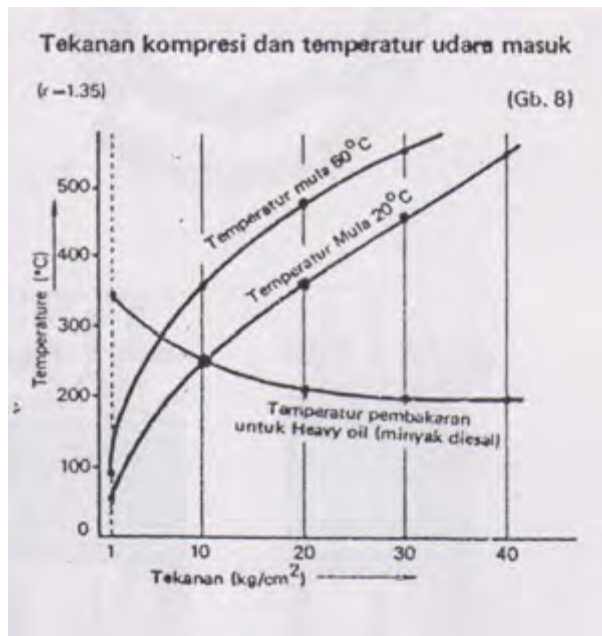
Metode penghisapan alamiah dengan cara udara segar ditarik masuk ke dalam silinder akibat kevakuman yang dihasilkan ketika torak bergerak dari titik mati atas (tma) menuju titik mati bawah (tmb).

Metode pengisian lanjut adalah proses masuknya udara ke dalam ruang bakar dengan jalan memanfaatkan sisa gas buang untuk memutarkan turbin yang telah disambungkan dengan *blower* isap udara segar.

Alat untuk menambah pasokan udara kedalam silinder atau penghisapan udara ini lebih dikenal dengan nama *turbocharger*.Alat *turbocharger* ini akan menambah daya mesin.

2) Garis Besar Penyalaan Kompresi.

Untuk mesin diesel dengan kecepatan rendah, bahan bakar di injeksikan ke dalam silinder oleh hembusan udara tekanan tinggi, sehingga sering disebut mesin injeksi udara. Komponen injeksi udara terlalu berat dan rumit jika digunakan pada mesin kecepatan tinggi. Sehingga untuk mesin kecepatan tinggi menggunakan berbagai jenis injeksi tanpa udara, atau mekanis. Saat ini injeksi mekanis digunakan untuk berbagai jenis dan ukuran dari mesin diesel.

Apabila udara di dalam silinder dimampatkan akan menyebabkan kenaikan tekanan dan temperatur. Seperti terlihat grafik pada gambar 2 dibawah ini menunjukkan hubungan antara tekanan kompresi dan temperatur udara masuk.

Gambar 2. Tekanan kompresi dan temperatur udara masuk.

(Sumber: Mesin Diesel Yanmar jilid 1)

Bila udara dimampatkan secara mendadak maka tidak akan terjadi perpindahan panas keluar sehingga tekanan dan temperatur akan naik secara cepat. Apabila bahan bakar yang berbentuk kabut halus disemprotkan ke dalam ruang bakar maka yang terjadi adalah ledakan atau pembakaran.

Dengan terjadinya ledakan pembakaran ini akan mengakibatkan ekspansi/pengembangan gas sehingga tekanan dan temperatur akan naik. Pada saat yang bersamaan jika tekanan naik maka temperatur penyalaan pembakaran (*flash point*) akan naik. Jumlah bahan bakar yang terbakar sangat ditentukan oleh besar sedikitnya udara yang masuk ke dalam silinder. Terjadinya pembakaran akan menaikkan tenaga motor diesel.

Untuk menaikkan tenaga motor diesel dilakukan dengan cara sebagai berikut :

– Memperbesar lubang silinder motor.

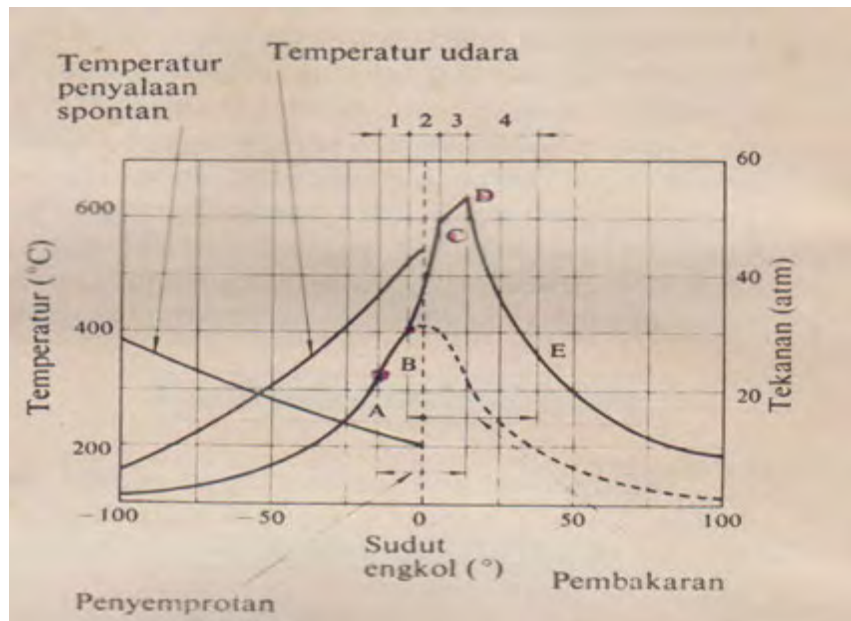
– Memperbesar frekuensi pembakaran perjam.
– Menaikkan putaran motor (RPM/*rotation per minute*).
– Memperbesar jumlah udara yang terpakai.

3) Proses Pembakaran.

Bahan bakar di dalam silinder akan terbakar jika komposisi perbandingan antara campuran udara dan panas yang timbul sesuai untuk pembakaran. Dalam proses pembakaran dibagi menjadi 4 tingkatan yaitu :

– Tingkatan 1 yaitu periode kelambatan penyalaan.
– Tingkatan 2 yaitu periode pembakaran cepat.
– Tingkatan 3 yaitu periode pembakaran terkendali.
– Tingkatan 4 yaitu periode pembakaran sisa.

Bahan bakar yang disemprotkan ke dalam silinder tidak langsung terbakar tetapi memerlukan waktu untuk melakukan pembakaran kira-kira 1/1000 detik sampai 4/100 detik sebelum proses pembakaran yang sempurna terjadi. Pada motor diesel campuran bahan bakar dan udara dapat menyala sendiri akibat adanya panas yang ditimbulkan dari kompresi.

Kurva yang menunjukkan proses pembakaran pada motor diesel ditunjukkan pada gambar 3 berikut.

Gambar 3. Diagram indikator hipotetik dari motor diesel.

(Sumber:Mesin Diesel Yanmar jilid 1)

Adapun penjelasan proses pembakaran yang ditunjukkan oleh grafik diatas adalah sebagai berikut :

(1). Tingkat 1 (periode kelambatan penyalaan) antara A – B

Waktu persiapan yang diperlukan untuk pembakaran ini biasa dinamakan “periode persiapan pembakaran” atau “kelambatan penyalaan”. Kelambatan penyalaan adalah jumlah waktu yang diperlukan untuk fenomena fisik dan fenomena kimia pada saat mulainya penyalaan sampai proses pembakaran. Contoh dari fenomena fisik ini seperti penguapan dan pemindahan panas, sedangkan contoh dari fenomena kimia seperti reaksi-temperatur rendah. Faktor yang mempengaruhi kelambatan penyalaan yaitu jenis bahan bakar yang dipakai, tekanan, temperatur dan pusaran udara. Kelambatan penyalaan sangat mempengaruhi pembakaran. Jika

periode kelambatan bertambah panjang maka pembakaran akan terbentuk sebelum penyalaan bertambah besar.

Pada tingkatan 1 ini menunjukkan periode kelambatan penyalaan yaitu saat bahan bakar disemprotkan di sekeliling titik A pada akhir langkah kompresi dan periode waktu antara penginjeksian bahan bakar dan penyalaan. Pada titik B bahan bakar mulai terbakar dengan cepat sehingga tekanannya naik dengan cepat. Pergerakan torak dari TMB menuju TMA. Selain itu, bahan bakar makin banyak yang terbakar, sehingga meskipun pergerakan torak menuju ke TMB tekanannya masih naik sampai titik C.

(2). Tingkat 2 (Periode pembakaran cepat) antara B – C

Ketika api berkembang di dalam ruang bakar dan bahan bakar telah disemprotkan sehingga pembakaran menjadi cepat dan tekanan naik. Periode ini berhubungan dengan mutu bahan bakar, jumlah campuran udara dan bahan bakar serta mutu dan kondisi pencampuran. Pada tingkatan ini terjadi penyebaran api karena campuran yang terbakar secara tiba-tiba. Pergerakan torak menuju TMB.

(3). Tingkat 3 (Periode pembakaran terkendali) antara C - D

Saat bahan bakar masih disemprotkan setelah melewati titik C, pembakaran yang disebabkan bahan bakar yang disemprotkan berbentuk kabut halus mulai dengan segera karena api yang terjadi selama penyebaran api. Perubahan tekanan pada titik C-D dapat dikontrol dengan cara mengatur jumlah bahan bakar yang disemprotkan ke dalam silinder.Oleh sebab itu, periode ini dinamakan periode pembakaran terkendali. Periode ini mengatur beberapa aspek yang berhubungan dengan pembakaran yaitu ukuran tetesan kabut halus, kecepatan penyemprotan bahan bakar serta jumlah penyemprotan bahan bakar.

(4). Tingkat 4 (Periode pembakaran sisa) antara D – E

Dalam periode ini masih terjadi pembakaran karena adanya sisa bahan bakar yang belum terbakar pada periode sebelumnya. Meskipun penyemprotan bahan bakar telah selesai, keadaan pembakaran sempurna belum sepenuhnya tercapai pada titik D dan masih akan terbakar pada titik D – E. Faktor-faktor yang mempengaruhi dalam periode ini adalah tetesan kabut halus yang disemprotkan, jumlah bahan bakar yang disemprotkan, dan kontak dengan udara dalam silinder. Supaya pembakaran dapat berlangsung seefektif mungkin maka yang perlu diperhatikan adalah tekanan selama proses pembakaran tingkat 2 (periode pembakaran cepat) diusahakan serendah mungkin.

4) Perbandingan campuran

Campuran antara bahan bakar dan udara biasa disebut “campuran”saja, sedangkan perbandingan berat udara dan bahan bakar dalam campuran dinamakan “perbandingan campuran” atau ”perbandingan udara-bahan bakar”.

Dalam proses pembakaran sempurna bahan bakar, hidrokarbon, C akan terbakar menjadi CO_2 dan H akan menjadi H_2O.

Pengertian perbandingan campuran stoikiometrik atau perbandingan campuran teoritis atau perbandingan campuran sempurna kimia adalah perbandingan dari berat minimum udara terhadap berat bakar, sedangkan yang dimaksud dengan perbandingan kelebihan udara atau faktor kelebihan udara adalah perbandingan campuran terhadap perbandingan campuran stoikiometrik.

Jika faktor kelebihan udara bertambah kecil maka ini menandakan bahan bakar yang dipakai terlalu banyak atau kekurangan udara. Batas terendah

dari faktor kelebihan udara ditentukan oleh batas asapnya. Hal tersebut tergantung pada jenis ruang bakar yang dipergunakan. Jadi batas faktor kelebihan udara dapat berbeda-beda tetapi boleh dikatakan tidak pernah lebih rendah dari 1,1. Meskipun terdapat udara yang berlebihan tetapi asap hitam juga dapat terjadi dan hal ini menunjukkan bahwa pencampuran dengan pusaran tidak dapat berlangsung dengan baik.

Sedangkan pada motor bensin faktor kelebihan udara lebih rendah dari1,0 sehingga meskipun efisiensi termalnya turun, tekanan efektif rata-ratanya bisa diperbesar. Tekanan maksimumnya masih rendah daripada motor diesel karena perbandingan kompresinya rendah. Oleh karena itu, motor bensin tidak memerlukan komponen-komponen yang terlalu kuat sehingga dapat dibuat lebih ringan daripada motor diesel dengan daya yang sama.

Setiap butir bahan bakar yang terjadi setelah penyemprotan dikelilingi oleh lapisan campuran dengan faktor kelebihan udara = 0 sampai tak terhingga. Ditempat-tempat dengan faktor kelebihan udara yang terlalu kecil akan terjadi angus sebagai akibat dekompresi termal.

5) Beberapa harga perbandingan campuran teoritis

Disini akan dicoba menetapkan perbandingan campuran teoritis dari suatu bahan bakar ringan.

Contoh 1 :

Misalkan bahan bakar itu adalah senyawa hidrokarbon yang terjadi dari 86 % berat C dan 14 % berat H. Berat atom C adalah 12 dan Atom H adalah 1,008.

Maka persamaan pembakarannya adalah $C + O_2 = CO_2$ dan $2H_2 + O_2 = 2H_2O$.

Ini berarti untuk membakar 12 kg C diperlukan 1kmol O_2 dan untuk membakar 4,032 kg H diperlukan 1 kmol O_2.

Volume 1 kmol gas apapun pada kondisi standart 0^0C dan 760 mmHg adalah 22,41 m^3 atau biasa ditulis 22,41Nm^3.

Contoh 2 :

Misalkan udara terdiri atas 21 % volume O^2 dan 79 % volume N_2 maka volume minimum udara yang diperlukan untuk membakar sempurna bahan bakar tersebut di atas adalah

(0,8600 :12) + (0,14 :4,032) x 22,41 x (100 : 21) = 11,35 Nm^3/kg

Oleh karena berat 1 Nm^3 adalah 1,293 kg,maka :

Perbandingan campuran teoritis =11,35 x 1,293 = 14,68 kg udara/kg bahan bakar.

Contoh 3 :

Jika bahan bakar hidrokarbon terdiri dari 85% berat C dan 15% berat H maka perbandingan campuran teoritisnya adalah 14,90. Oleh karena perbandingan campuran akan tergantung dari jenis bahan bakarnya ,kira-kira berkisar antara 14 dan 15.

Motor diesel biasanya bekerja pada campuran antara 40 dan 50 atau lebih besar.

6) Batas asap

Jika butir-butir bahan bakar yang terjadi karena penyemprotan terlalu besar dan butiran tersebut mengumpul menjadi satu akan menyebabkan dekomposisi. Dekomposisi ini akan menyebabkan terbentuknya karbon–karbon padat (angus). Jika angus yang terjadi terlalu banyak maka gas yang keluar dari mesin berwarna hitam dan mengotori udara.

Warna gas buang yang keluar digolongkan menjadi dua, yaitu warnanya hitam atau abu-abu. Dengan mengetahui warna gas buang yang keluar sangat mempengaruhi dalam penentuan daya motor diesel.

Komponen gas buang yang membahayakan adalah asap hitam (angus), hidrokarbon yang tak terbakar (UHC), karbon monoksida (CO), oksida nitrogen(NO) dan NO_2. Dari beberapa komponen gas buang membahayakan tadi hanya 2 saja yang dikategorikan sangat berbahaya yaitu:

– Asap hitam

  Asap hitam sangat berbahaya karena mengeruhkan udara sehingga mengganggu pandangan dan kemungkinan mengandung karsinogen.

– NO

  NO terjadi karena adanya reaksi N_2 dan O_2 pada temperatur tinggi kira-kira diatas 2.000 ^{0}C. Penguraian N_2 dan O_2 juga sangat lambat walaupun pada temperatur yang tinggi. Hal tersebut dalam satu siklus pembakaran tidak akan selesai dalam waktu yang singkat. NO merupakan gas yang sangat berbahaya dan dapat mengganggu saraf pusat. Jika di udara mengandung NO dan UHC sinar matahari akan menyebabkan terbentuknya kabut asap foto kimia yang menjadikan polusi udara yang parah.

Disamping gas berbahaya di atas ada beberapa hal yang sangat mengganggu walaupun sifatnya sementara yaitu :

– Asap putih (hal ini terjadi karena kabut bahan bakar atau minyak pelumas yang terbentuk saat start dingin).

– Asap biru (terjadi karena adanya bahan bakar yang tidak terbakar secara sempurna pada saat pemanasan mesin.

– Bau yang tidak sedap.

– Sebaiknya jangan menggunakan kadar belerang yang tinggi karena akan menyebabkan SO_2 di dalam gas buang.

7) Gangguan bunyi.

Penyebab bunyi yang keras pada motor diesel dikarenakan motor diesel bekerja dengan tekanan pembakaran yang lebih tinggi dan laju kenaikannya lebih cepat. Tekanan gas pada dinding silinder cenderung memperbesar diameter silinder. Oleh sebab itu terjadi deformasi pada silinder dan rumah engkol secara berulang-ulang. Ditambah dengan gerakan mesin secara keseluruhan karena tidak adanya keseimbangan akan menyebabkan udara sekitarnya bergetar. Resonansi dari bagian-bagian mesin yang berupa plat dan amplitudo yang besar terjadi karena adanya tumbukan berulang akan menimbulkan bunyi yang sangat keras.

Selain bunyi pembakaran di atas, ada faktor lain seperti bunyi yang ditimbulkan gas buang pada pangkal pipa buang, bunyi tumbukan katup dan dudukannya, pompa penyemprot dan mekanisme penggeraknya, dan tumbukan torak dan dinding silinder.

8) Ledakan diesel (detonasi atau knock diesel)

Ledakan diesel atau detonasi adalah peristiwa ledakan di dalam silinder saat periode pembakaran cepat.

Jika laju kenaikan tekanan besar maka akan menyebabkan kenaikan tekanan yang terjadi secara tiba-tiba dan akan menendang dinding silinder sehingga terdengarlah suara keras. Ledakan ini terjadi dari campuran udara dan bahan bakar yang terbakar yang terbentuk agak lama pada periode pembakaran cepat di dalam ruang bakar atau dengan kata lain jika periode pembakaran bertambah panjang atau proses pembentukan kabut

bertambah panjang maka sejumlah campuran udara dan bahan bakar secara tiba-tiba terbakar dan bertambah dan terjadilah ledakan yang tidak normal.

Penyebab terjadinya ledakan diesel antara lain disebabkan oleh faktor sebagai berikut.

- Penyalaan bahan bakar jelek.
- Jumlah penyalaan bahan bakar yang tidak sesuai.
- Turbulensi di dalam bahan bakar kurang.
- Tekanan isap atau tekanan udara yang rendah.
- Perbandingan kompresi yang rendah.

Perbandingan kompresi yang rendah menyebabkan kelambatan penyalaan menjadi lebih panjang. Hal ini juga bisa terjadi di daerah yang tekanan dan temperatur atmosfirnya rendah. Demikian pula pada putaran tinggi ledakan diesel akan terjadi karena bahan bakar yang disemprotkan lebih cepat sehingga jumlah bahan bakar pada periode persiapan menjadi lebih banyak.

Akibat ledakan diesel ini dalam kurun waktu yang lama akan menyebabkan terjadinya kerusakan pada bagian-bagian mesin. Untuk mengantisipasi agar tidak terjadi ledakan diesel maka upaya yang harus dilakukan adalah sebagai berikut.

- Memakai bahan bakar yang memudahkan dalam penyalaan.
- Memilih ukuran penyemprot bahan bakar yang tepat.
- Memilih ruang bakar yang tepat.
- Menaikkan perbandingan kompresi.

9) Bilangan Cetan

Bilangan cetan adalah suatu indeks yang biasa dipergunakan bagi bahan bakar motor diesel untuk menunjukkan tingkat kepekaannya terhadap detonasi.

Bahan bakar yang dipakai pada motor diesel sangat berpengaruh terhadap kelambatan penyalaan di dalam silinder. Untuk mengetahui patokan yang jelas maka dipakailah angka cetan untuk bahan bakar diesel ini.

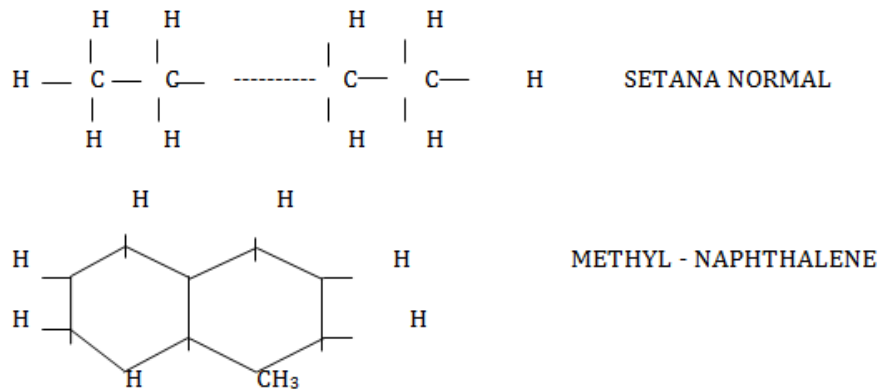
Standar yang dipakai untuk bahan bakar pengukur yang termudah penyalaannya adalah bilangan cetan normal (C_{16} H_{36}) dan yang tersulit penyalaannya adalah *methyl-naphthalene* (C_{10} H_7 CH_3) diberikan nilai referensi berturut-turut 100 dan 0.

Bahan bakar yang ditentukan bilangan utamanya diuji dengan sebuah mesin khusus untuk mengukur bilangan cetan.

Jumlah persentase volume cetan dalam campuran terdiri dari cetan dan methyl-naphthalene yang memberikan kelambatan penyalaan sama dengan bahan bakar yang diuji ,dalam keadaan standar operasi tertentu menyatakan bilangan cetan bahan bakar tersebut.

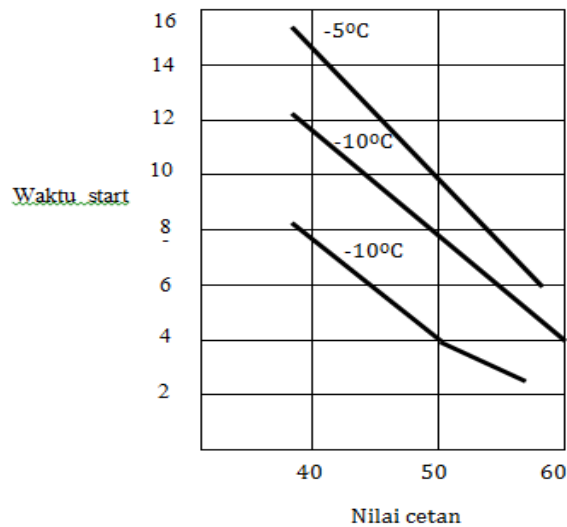
Gambar 4 dibawah ini merupakan struktur molekul cetan normal dan *methyl-naphthalene*.

H H H H
H — C — C — ---------- C — C — H SETANA NORMAL
H H H H

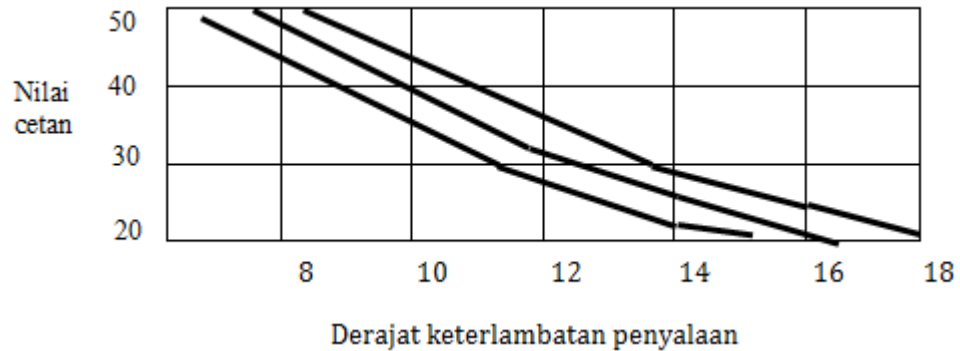
H H
H H METHYL - NAPHTHALENE
H H
H CH3

Gambar 4. Struktur molekul *setana normal* dan *methyl-naphthalene*.

(Sumber : Motor diesel putaran tinggi, Wiranto Arismunan dan Koichi Tsuda)

Nilai cetan dari bahan bakar dapat ditingkatkan dengan cara memakai *additive* untuk membantu memperbaiki penyalaan. *Additive* yang dipakai yaitu *amylnitrate*($C_5 H_{11} NO_2$) dan *ethylnitrate* ($C_2 H_5 NO_2$).

Gambar 5 menunjukkan hubungan antar nilai cetan dan sifat kecepatan *start*. Makin tinggi nilai cetan bahan bakar makin baik sifat *start*-nya.

Gambar 5. Hubungan antar nilai cetan dan sifat kecepatan *start*.

(Sumber:Mesin Diesel Yanmar jilid 1)

Gambar 6 menunjukkan hubungan antara nilai cetan dan kelambatan penyalaan. Makin tinggi nilai cetan semakin kecil kelambatan penyalaannya.

Gambar 6. Hubungan antara nilai cetan dan kelambatan penyalaan.

(Sumber:Mesin Diesel Yanmar jilid 1)

Bilangan cetan bahan bakar ringan untuk motor diesel putaran tinggi berkisar antara 40 sampai 60. Kadar belerang dalam bahan bakar harus berkisar dibawah 1% berat untuk menghindari kemungkinan terjadinya korosi.

Dengan adanya debu, kotoran dan air dapat merusak bagian pompa penyemprot bahan bakar dan penyemprot bahan bakar. Sedangkan endapan karbon dan abu menempel pada permukaan luar dari penyemprot bahan bakar, torak, katup dan sebagainya sehingga akan mengganggu kerja masing-masing komponen tersebut dan bahkan bisa merusak bagian-bagian tersebut. Untuk itu kotoran dalam bahan bakar harus dibatasi.

Meskipun penambahan senyawa barium dapat mengurangi asap, gas buang yang terjadi merupakan polutan udara. Nilai kalor untuk bahan bakar motor diesel kurang lebih 10.000 kcal/kg.

10) Nilai Oktan

Nilai oktan adalah jumlah besaran dari *gasoline* anti ledakan (*knocking*). Bahan bakar dengan nilai oktan yang tinggi dapat mengurangi terjadinya ledakan.

Cairan *isooctane* yang sering menyebabkan ledakan dan cairan *natural heptane* yang menghasilkan ledakan paling sedikit, diberikan nilai referensi berturut-turut antara 100 dan 0.

Dengan mengkombinasikan kedua campuran tersebut kedalam perbandingan yang tepat, nilai oktan dapat diindikasikan sebagai presentasi dari volume *isooctane*. Campuran terbanyak pemakaiannya sebagai *additive* anti *knock* adalah *tetracthyllead*.

11) Nilai kalor bahan bakar

Nilai kalor bahan bakar ditentukan berdasarkan hasil pengukuran dengan kalorimeter dan harga analitik dari kalor hidrogen.

Cara pengukuran dengan kalorimeter adalah sebagai berikut.

Bahan bakar dan udara dibakar pada temperatur normal. Lalu dilakukan pengukuran jumlah kalor. Pengukuran berakhir jika temperatur gas hasil pembakaran turun kembali sampai ke temperatur normal.

Karena pada motor bakar torak air dalam gas masih ada dalam fasa gas maka penambahan kalor laten selama kondensasi di dalam kalorimeter sebenarnya tak dimanfaatkan.Pada fasa ini akan dipengaruhi oleh nilai kalor atas dan nilai kalor bawah.

Nilai kalor atas adalah jumlah kalor yang terukur di dalam kalorimeter dimana terjadi pengembunan air .

Nilai kalor bawah adalah nilai kalor atas dikurangi oleh kalor pengembunan.

12) Konstruksi ruang bakar

Pada motor diesel, untuk mendapatkan pembakaran dilakukan dengan menyemprotkan bahan bakar oleh injektor dalam bentuk kabut halus. Kabut halus ini bercampur dengan udara panas di dalam ruang bakar dan menyala ketika mencapai pembakaran.

Untuk itu perencanaan ruang bakar harus cermat agar mendapatkan hasil yang diinginkan. Adapun hal-hal yang diharapkan adalah sebagai berikut:

- Dengan penyemprotan sesaat dapat dicapai(pembakaran lengkap).
- Menjaga pemakaian bahan bakar spesifik yang rendah.
- Agar *start* motor mudah.
- Menjaga tekanan efektif rata-rata tetap tinggi.

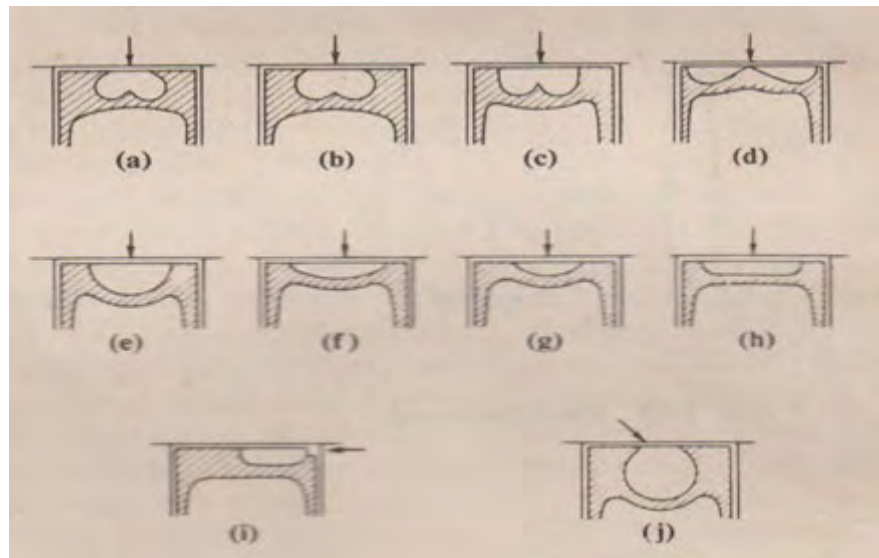
Proses pembakaran pada motor diesel dilaksanakan dalam dua cara yaitu:

- dilakukan langsung di atas piston;
- dilakukan di ruang tersendiri diluar ruang bakar.

Sistem pembakaran untuk motor diesel dapat kita kelompokkan menjadi dua yaitu Sistem penyemprotan langsung (*Direct injection system*)dan Sistem penyemprotan tak langsung (*Indirect injection system*).

(1). Sistem penyemprotan langsung (*Direct injection system*)

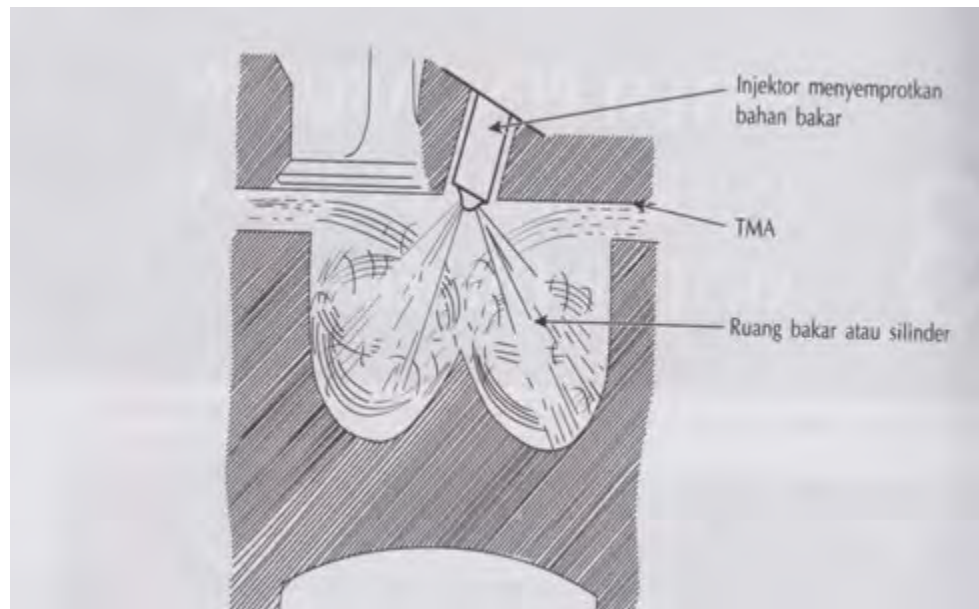
Dalam sistem ini bahan bakar ini bahan bakar disemprotkan langsung ke dalam ruang bakar dalam silinder. Ruang bakar ini meliputi ruangan antara kepala silinder, dinding silinder dan puncak torak. Motor diesel dengan model sistem penyemprotan langsung ini bekerja

dengan puncak torak berongga supaya dapat diperoleh pusaran udara.Pusaran tersebut dinamai “penggilasan” dikarenakan perbandingan kompresi yang lebih tinggi pada puncak torak dibandingkan pada dasar rongga. Bentuk-bentuk rongga dapat dilihat pada gambar 7 dimana tanda panah menunjukkan posisi penyemprot bahan bakar.

Gambar 7. Jenis bentuk rongga pada kepala piston pada ruang bakar terbuka.

(Sumber : Motor diesel putaran tinggi,Wiranto Arismunandar,Koichi Tsuda)

Keterangan gambar :

- a,b,c,d adalah tipe ruang bakar terbuka model hati (*multi spherical)*
- e,f,g,h,i adalah tipe ruang bakar terbuka model setengah bola (*hemi-spherical)*
- j adalah tipe ruang bakar terbuka model bola (*spherical*)

Gambar 8 bawah ini adalah menunjukkan terjadinya penggilasan udara didalam silinder.

Gambar 8. Penggilasan udara

(Sumber : Memperbaiki sistem injeksi bahan bakar diesel, Wahyu Triyono, Edi Santoso)

Untuk membuat pusaran tanpa penggilasan, udara yang masuk ke dalam silinder dibuat berputar mengelilingi sumbu silinder.

Ruang bakar dengan rongga puncak yang dangkal banyak dipergunakan pusaran induksi. Dalam mesin 2 tak aliran udara pembilas membentuk pusaran untuk memperbaiki proses pembakaran.

(2). Sistem penyemprotan tak langsung (*Indirect injection system*)

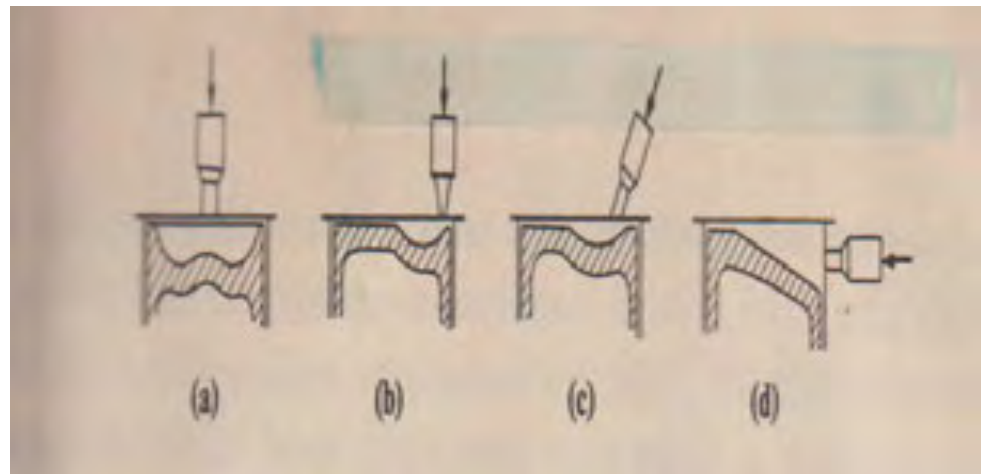
Sistem penyemprotan tak langsung adalah proses pembakaran dimana sebelum memasuki ruang bakar utama bahan bakar harus terlebih dahulu melewati ruang bakar tambahan.

Sistem penyemprotan ini terdiri dari dua bagian ruang bakar yaitu :

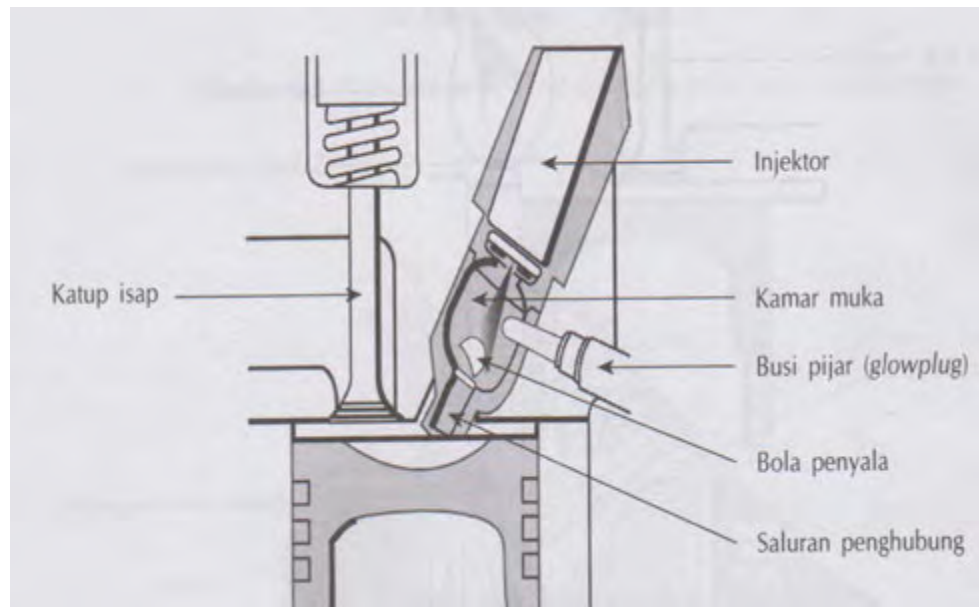
- Ruang bakar utama.
- Ruang bakar tambahan.

Tipe ruang bakar untuk proses pembakaran tak langsung yang sering dipakai adalah sebagai berikut.

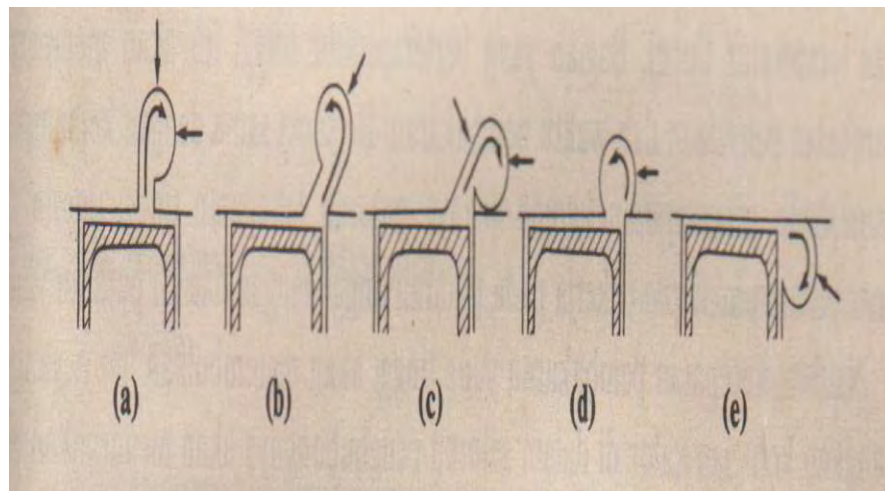
– Ruang bakar kamar muka.
– Ruang bakar kamar pusar (turbulen).
– Ruang udara (sel udara).

Gambar 9 dibawah ini merupakan jenis ruang bakar kamar muka.

Gambar 9. Jenis ruang bakar kamar muka.

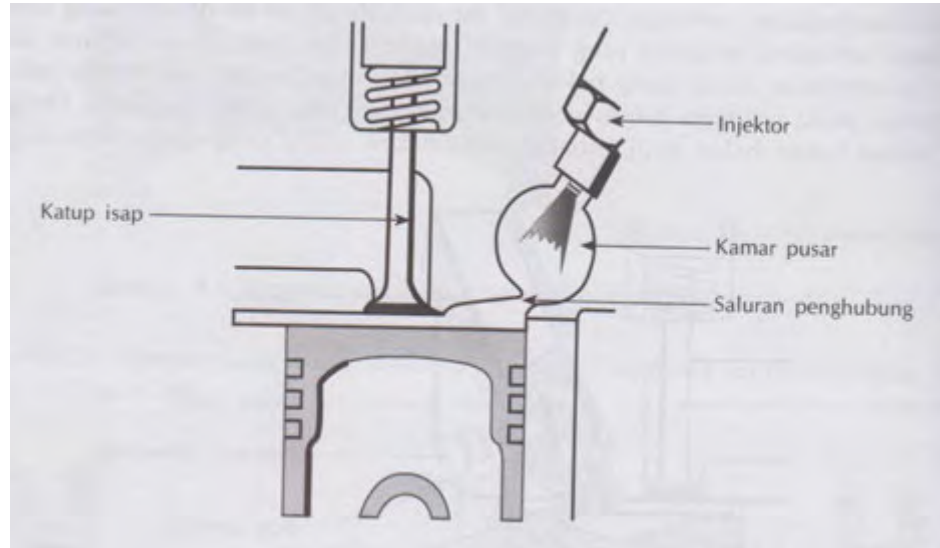
(Sumber : Motor diesel putaran tinggi,Wiranto Arismunandar,Koichi Tsuda)

Sedangkan gambar 10 berikut ini merupakan bagian – bagian dari ruang bakar tipe kamar muka.

Gambar 10. Bagian-bagian ruang bakar tipe kamar muka.

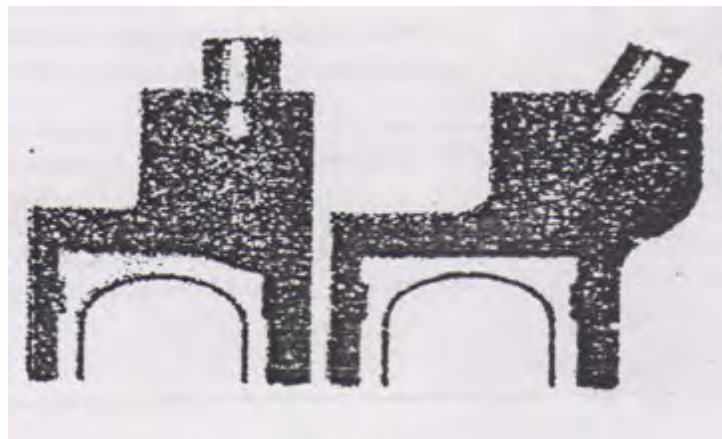
(Sumber : Memperbaiki system injeksi bahan bakar diesel, Wahyu Triyono, Edi Santoso)

Jenis ruang bakar kamar pusar /turbulen ditunjukkan gambar 11 dibawah ini.

Gambar 11. Jenis ruang bakar kamar pusar/turbulen.

(Sumber : Motor diesel putaran tinggi, Wiranto Arismunandar, Koichi Tsuda)

Bagian – bagian ruang bakar kamar pusar ditunjukkan oleh gambar 12 berikut ini.

Gambar 12. Bagian-bagian ruang bakar tipe kamar pusar.

(Sumber : Memperbaiki system injeksi bahan bakar diesel, Wahyu Triyono, Edi Santoso)

Ruang bakar sel udara ditunjukkan oleh gambar 13 dibawah ini.

Gambar 13. Sel udara

(Sumber : Motor diesel putaran tinggi, Wiranto Arismunandar, Koichi Tsuda)

Berikut ini akan dijelaskan berbagai tipe ruang bakar yang dipakai pada motor diesel.

(a). Tipe ruang kamar muka

Ruang Bakar utama dan ruang bakar tambahan dihubungkan dengan saluran yang kecil. Pembakaran dimulai dari ruang bakar kamar muka. Diruang kamar muka bahan bakar disemprotkan pada *glowplug*/besi pijar. Dikarenakan volume kamar muka lebih kecil dibandingkan volume ruang silinder maka bahan bakar yang disemprotkan tidak dapat terbakar semua di kamar muka disebabkan kekurangan oksigen.

Peningkatan tekanan campuran bahan bakar dan gas hasil pembakaran akan disalurkan ke dalam ruang silinder yang mengakibatkan terjadinya pusaran yang tinggi. Pusaran ini akan membantu proses pembakaran yang lebih sempurna sehingga bahan bakar akan cepat habis.

Pada motor-motor putaran rendah, ruang bakar muka terletak di sepanjang *center line* pada silinder, sedangkan pada motor putaran tinggi ruang bakar kamar muka terletak di samping silinder sehingga katup-katupnya dapat dibuat cukup besar.

(b). Tipe ruang kamar pusar

Pada tipe ruang kamar pusar posisi lubang penghubung antara kamar pusar dan ruang bakar dibuat miring. Dengan posisi miring ini memungkinkan saat piston menuju TMA sebagian kecil udara yang terdorong ke dalam kamar pusar akan membuat pusaran didalam kamar pusar ini.

Pada saat bahan bakar disemprotkan ke dalam kamar pusar, bahan bakar akan menguap oleh pusaran karena tekanan dan suhu sangat tinggi, bahan bakar akan terbakar dengan sendirinya (*self combustion*). Ruang bakar kamar muka ini bervolume 70 – 80 % dari volume total ruang bakar.

(c). Tipe ruang udara (sel udara)

Ruang udara terletak pada puncak ruang bakar utama. Selama langkah kompresi, ruangan ini akan terisi terus dengan udara bertekanan.

Jika bahan bakar disemprotkan ke ruang bakar utama pembakaran akan terjadi secara perlahan-lahan.

Bila langkah ekspansi mulai, udara bertekanan dalam ruang udara mengalir ke ruang bakar utama sehingga ada penambahan udara baru untuk melakukan proses pembakaran. Saat bersamaan pusaran terjadi dan membantu proses pembakaran.

Tabel 1. Perbandingan ruang bakar dapat dilihat di bawah ini.

		Perbandingan Kompresi	Tekanan efektif rata-rata (Kg/Cm2)	Pemakaian bahan bakar (G/HP)jam	Tekanan Injeksi (Kg/Cm2)	Tipe Nozzle	Ekses udara bahan bakar untuk penentuan terhadap exhaust smoke limit
Penyemprotan langsung	Putaran rendah	12 – 15	5 – 6	160 – 200	260 – 400	Multi hole	1,6 – 1,9
	Putaran tinggi	12 – 18	4,7 – 7,4	170 – 200	25 – 250	Multi hole	1,4 – 1,7
	Supercharged	11,4 – 15	8 – 16	140 – 180	-	Pintle poppet	-
Ruang bakar kamar muka		13 – 22	4 – 7,3	180 – 230	50 – 175	Pinhole singlehole pintle	1,2 – 1,6
Ruang bakar kamar pusar		12,5 – 17,5	4,5 – 8	180 – 220	100 – 140	Multihole pintle	1,3 – 1,6
Ruang udara		13 – 16	4,9 – 7,4	180 – 220	120 – 140	Pintle	1,3 – 1,5

Setiap bentuk ruang bakar mempunyai keuntungan dan kerugian seperti yang akan dijelaskan dibawah ini.

- Keuntungan ruang bakar penyemprotan langsung yaitu tak ada pengurangan turbulensi pemakaian bahan bakar rendah dan tekanan efektif rata-rata tinggi.
- Kerugian ruang bakar penyemprotan langsung yaitu waktu penyalaan besar dan knocking atau ledakan pada saat beban rendah.

Ruang bakar penyemprotan tak langsung terdiri dari ruang bakar kamar muka dan sel udara. Adapun keuntungan dan kerugiannya sebagai berikut :

- Keuntungan ruang bakar kamar muka
  - Waktu penyalaan rendah.
  - Suara knocking rendah / kecil.
  - Tidak peka terhadap tipe bahan bakar
  - Fleksibel terhadap semua jenis bahan bakar
- Kerugian ruang bakar kamar muka
  - Kenaikan suhu dan tekanan udara lambat.
  - Kerugian throttling besar.
  - Pemakaian bahan bakar rendah.
- Keuntungan dan kerugian ruang bakar kamar pusar yaitu kemampuannya berada diantara ruang bakar penyemprotan langsung dan ruang bakar kamar muka.
- Keuntungan ruang udara yaitu:
  - Waktu penyalaan cepat.
  - Suara knocking rendah atau kecil.

- Kerugian ruang udara dibandingkan dengan model kamar muka yaitu :
  - Tenaga semprot kedalam ruang bakar utama kecil.
  - Pembakaran lambat.
  - Suhu pembakaran tinggi.

13) Tekanan Bahan bakar

Model penyemprotan bahan bakar ke dalam silinder yang dipakai pada motor diesel yang umum dipakai terdiri dari dua jenis yaitu model tekanan udara dan model udara dengan tekanan lebih rendah.

- Model tekanan udara.

  Pada model ini bahan bakar disemprotkan ke dalam silinder dengan udara pada tekanan tinggi. Keuntungan dari model ini adalah bahan bakar dengan kekentalan tinggi serta mutu rendah masih dapat digunakan. Tetapi kelemahan dari model ini adalah harus ada perlatan tambahan yang berupa kompresor udara yang berfungsi menekan udara sehingga dapat menurunkan tenaga mesin.

- Model udara dengan tekanan lebih rendah.

  Model ini tidak membutuhkan tekanan udara sehingga tidak ada kerugian yang diakibatkan oleh kompresor atau kemungkinan kerusakan kompresor.

Saat penyemprotan bahan bakar, untuk mendapatkan pembakaran yang sempurna dibutuhkan waktu yang relatif singkat. Untuk itu diperlukan beberapa syarat agar pengabutan lebih sempurna sehingga dengan waktu yang singkat dihasilkan pembakaran yang baik .

Adapun syarat-syarat agar pengabutan sempurna adalah :

- Atomisasi (pengabutan)

  Bahan bakar yang berbentuk kabut halus dan rata akan memperbesar luas permukaan penyebaran bahan bakar menjadi panas sehingga memperbaiki sifat penyalaan dan pembakaran. Kabut tersebut terbentuk karena adanya dorongan yang dilakukan oleh injektor. Memperbesar tekanan berarti memperhalus kabut.

  Bila tekanan kurang juga tidak baik karena bahan bakar yang disemprotkan masih berbentuk cair. Tetapi, jika kabut terlalu halus juga tidak baik karena kalau bertemu dengan udara yang pekat akan berubah menjadi gas.

- Tenaga penetrasi

  Jika udara pekat maka diperlukan tenaga yang besar untuk mengalirkan bahan bakar sampai ke ruang bakar.

- Distribusi (penyaluran)

  Untuk menaikkan tekanan efektif rata-rata, seluruh udara dalam silinder harus dipergunakan untuk pembakaran. Udara yang tidak tersentuh oleh semprotan bahan bakar tidak akan dipakai sama sekali dan daerah dimana tetesan bahan bakar terlalu banyak akan menghasilkan pembakaran kurang sempurna.

  Untuk mengatasi hal tersebut beberapa lubang masuk untuk penyemprotan harus dikombinasikan dengan perencanaan ruang bakar dan aliran udara masuk yang baik.

- Dispersi (penyebaran)

  Bila bahan bakar diinjeksikan dibawah tekanan tinggi ke udara, ukuran butirnya akan mengecil dan alirannya akan menurun sehingga akan menyebabkan tetesan.

Saat injeksi bahan bakar yang terlalu rendah apabila bertemu udara akan membentuk ruang lingkaran karena adanya tegangan.

– Jarak Penetrasi

Jarak penetrasi harus diperhatikan karena dalam proses pembakaran pemakaian penuh udara dalam ruang bakar harus disebarkan merata ke dalam ruang bakar. Untuk itu diperlukannya pengembangan fungsi komponen motor diesel terutama sistem bahan bakar dan komponen lain yang terkait untuk mendapatkan efisiensi yang maksimun.

14) Turbocharger

Fungsi dari *turbocharger* adalah untuk menambah pemasukan udara ke dalam silinder dengan jalan memanfaatkan tenaga yang terbuang oleh gas buang untuk menggerakkan turbin yang terhubung dengan *blower* udara isap. Letak *turbocharger* sendiri di bagian belakang mesin ujung pipa gas buang.

Turbocharger ditemukan oleh *Alfred Buchi* berkebangsaan Swiss pada tahun 1911. Ide yang di kemukakan oleh *Alfred* ini adalah bagaimana memanfaatkan dan mengubah energi gas hasil pembakaran kedalam energi mekanis (gerak).

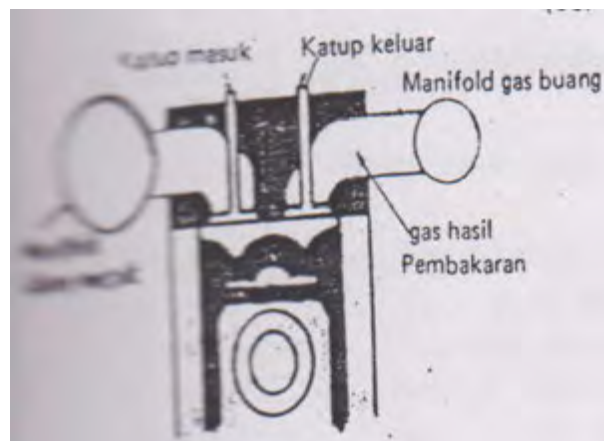
Cara kerja turbocharger ini adalah ketika sisa gas hasil pembakaran keluar akan disalurkan ke pipa buang menuju ke suatu turbin. Turbin ini akan menggerakkan *blower* sehingga dengan berputarnya *blower* akan menekan udara ke dalam silinder.

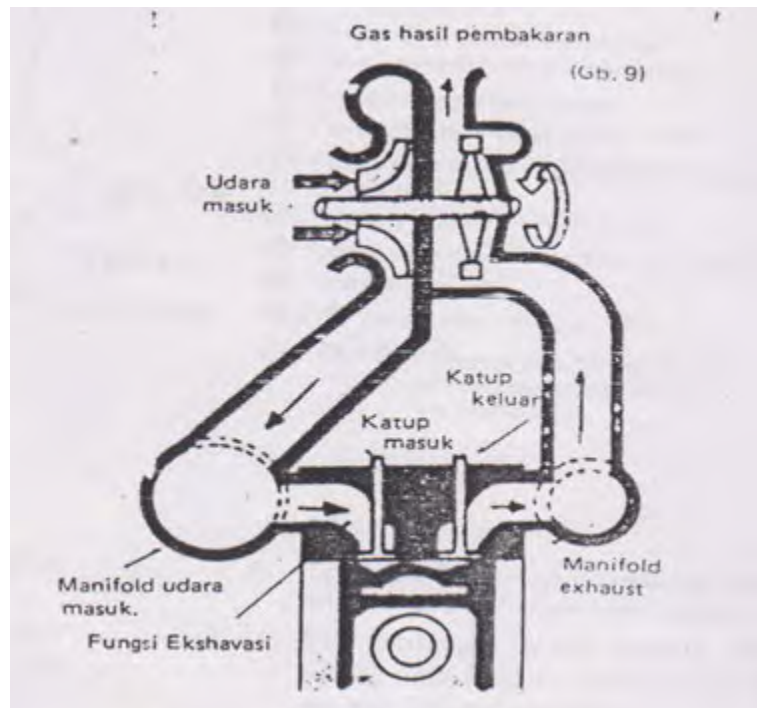
Penggunaan *turbocharger* ini dapat menaikkan daya mesin diesel sebesar 30 – 40%. Pada saat ini, motor diesel sudah banyak yang memanfaatkan *turbocharger* karena ekonomis dan dapat menambah

daya mesin.Gambar 14 dibawah ini menunjukkan salah satu contoh turbocharger jenis radial yang sering digunakan dikapal.

Gambar 14. ***Radial Turbocharger***

(Sumber :www.marineinsight.com diakses jam 11.33 tanggal 4 november 2013)

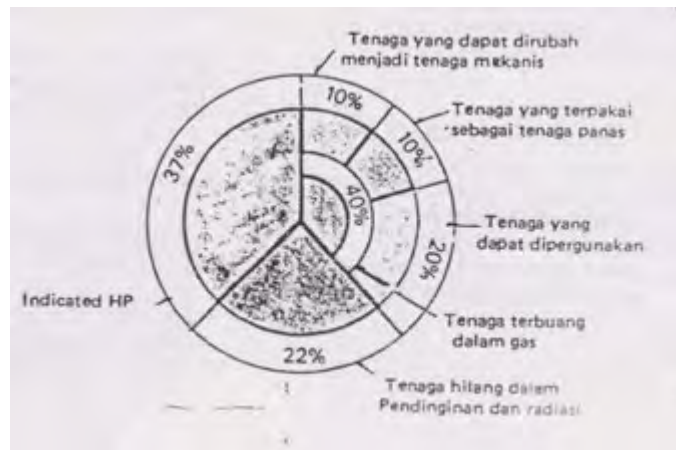
Gambar di bawah ini menunjukkan perbedaan mesin yang menggunakan *turbocharger* dengan mesin yang tanpa menggunakan *turbocharger*.

Gambar 15. Mesin tanpa *turbocharger*

(Sumber: Mesin Diesel Yanmar, Jilid 2)

Gambar 16. Mesin dengan *turbocharger*.

(Sumber :Mesin Diesel Yanmar, Jilid 2)

Pembagian jumlah *exhaust manifold* apabila menggunakan *turbochager* berdasarkan jumlah silinder dijelaskan sebagai berikut.

- Mesin dengan 4 dan 6 silinder, saluran gas buang(*exhaust manifold*) berjumlah 2 buah.
- Mesin dengan 5 dan 9 silinder, saluran gas buang (*exhaust manipold*) berjumlah 3 buah.
- Mesin dengan 7 dan 8 silinder, saluran gas buang(*exhaust manipold*) berjumlah 4 buah.

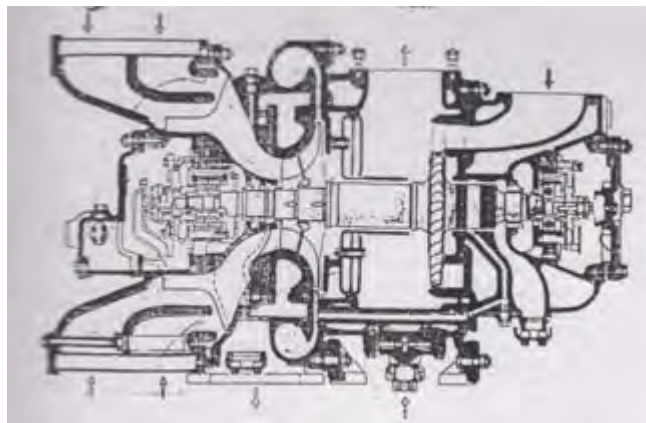
10 % tenaga yang disalurkan bahan bakar atau 25 – 30 % dari tenaga yang dihasilkan mesin dapat diperoleh kembali sebagai tenaga mekanis. Untuk mengembalikan tenaga ini maka *turbocharger* sangat cocok digunakan.

Gambar 17. Persentase tenaga motor diesel.

(Sumber : Motor Diesel Yanmar,Jilid 2)

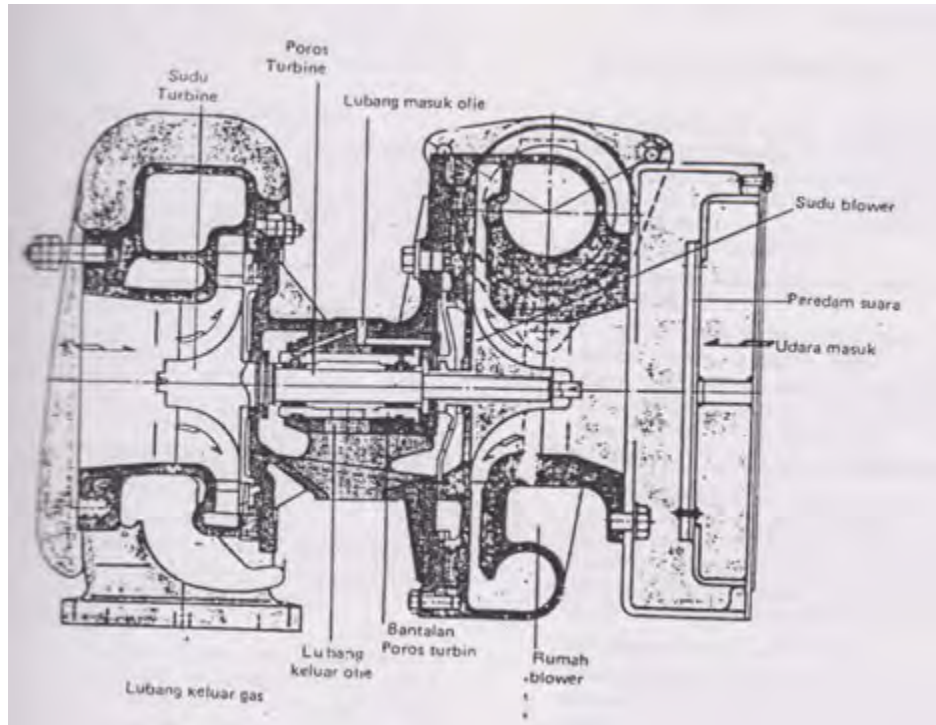
Menurut jenisnya *turbocharger* dibagi menjadi 2 jenis yaitu :

- *Axial turbocharger*.
- *Radial turbocharger*.

T*urbocharger* jenis axial ini banyak digunakan pada motor diesel dengan ukuran besar.

Adapun bentuk dari *axial turbocharger* ini dapat dilihat pada gambar 18 di bawah ini.

Gambar 18. ***Axial turbocharger*.**

(Sumber : Mesin Diesel Yanmar, Jilid 2)

Jenis *radial turbocharger* digunakan pada motor diesel berukuran kecil dan motor diesel putaran tinggi. Aliran gas buang pada jenis ini mengalir sepanjang sumbu mesin.

Gambar 19. *Radial turbocharger*.

(Sumber :Mesin Diesel Yanmar,Jilid 2)

Pada jenis axial turbocharger menggunakan pendinginan air sedangkan jenis radial turbocharger menggunakan pendinginan udara.

Bagian – bagian *turbocharger* meliputi komponen dibawah ini

- Poros turbin dan sudu-sudu.

  Sudu-sudu turbin terpasang tetap pada poros dan tahan terhadap suhu gas buang antara 6000 ^{0}C sampai 7000 ^{0}C.

  Untuk melindungi agar gas buang tidak terkena bantalan poros dan untuk melindungi kebocoran minyak pelumas diperlukan ring oli atau labirin.

– Saluran udara masuk.

Agar udara masuk terbebas dari kotoran maka dipasang saringan yang terbungkus kain dan tabung metal.

– Roda *blower* .

Roda *blower* terpasang pada poros. *Blower spline* menyalurkan torsi dari poros. *Spline* ini berfungsi mengisap udara dari saluran masuk.

– *Nozel* dan *diffuser*.

Nozzle dan *diffuser* dibuat sedemikian rupa sehingga diperoleh hasil kerja yang seefisien mungkin dari penggunaan jumlah gas buang dan tekanan udara yang diperlukan oleh mesin.

– Bantalan.

Bagian dalam dari bantalan duduk menumpu pada poros turbin sedangkan bagian luar dari bantalan duduk pada rumah turbin. Sebuah *ring* oli dan *seal* didudukkan pada poros dan ikut berputar besama poros. Minyak pelumas berada pada 2 sampai 5 mm antara bantalan dan *ring* oli.

Jika poros dan *ring* oli berputar, minyak pelumas ini akan terangkat naik dan masuk melalui ruang bantalan yang berputar sampai akhirnya jatuh menetes pada bagian lain yang memerlukan pelumasan.

Bantalan-bantalan poros dibuat dari bahan yang mempunyai daya tahan yang tinggi untuk menjamin keawetan pemakaian. Bantalan diperiksa setiap 6000 – 8000 jam kerja untuk mendapatkan hasil pengoperasian yang baik.

– Labirin.

Untuk mencegah kebocoran pada poros agar tidak terjadi kebocoran gas buang, tekanan udara atau minyak pelumas maka dipasanglah

seal yang kedap udara. *Seal* ini terbuat dari bahan yang bermutu tinggi dan tidak akan rusak dari sentuhan-sentuhan kecil. *Sea*l harus segera diganti jika sudah lemah.

– *Intercooler*.

  Bentuk dari komponen ini adalah bentuk tabung rata anti karat yang dilengkapi dengan sirip-sirip campuran aluminium. Udara yang keluar *cooler* dapat didinginkan sebesar 5 ^{0}C sampai 10 ^{0}C.

  Sesudah pendinginan ini udara yang padat ditekan ke dalam silinder sehingga menaikkan efisiensi proses pengisapan udara masuk. Bila udara mencapai 20 ^{0}C, daya mesin dapat dinaikkan menjadi 6 sampai 7 %.

Kegiatan ini akan dibimbing oleh guru dan peserta didik akan melakukan kegiatan sesuai dengan tahapan-tahapan yang ada di lembar kerja. Adapun lembar kerja tersebut adalah sebagai berikut:

Lembar kerja

a. Kegiatan
   - Mengidentifikasi sistem ruang bakar pada motor diesel.
   - Menggambar model ruang bakar yang dipakai pada motor diesel.
   - Mengidentifikasi cara kerja ruang bakar yang ada.
   - Mengidentifikasi sistem *turbocharger*.
   - Mengidentifikasi cara kerja *turbocharger*.
   - Menggambar sistem dan bagian-bagian system *turbocharger*.

b. Alat
   - Motor diesel 1 silinder.
   - Motor diesel 4 silinder.
   - *Turbocharger*.
   - Toolset.

- *Special tool*.
- Kain lap/ majun.
- Peralatan tulis.

c. Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)
- Sarung tangan.
- *Safety shoes.*

d. Langkah kerja
- Menyiapkan peralatan yang diperlukan.
- Melakukan pembongkaran motor.
- Mengidentifikasi jenis ruang bakar yang dipakai pada motor diesel.
- Membongkar turbocharger.
- Mengidentifikasi bagian – bagian turbocharger.
- Membuat laporan kegiatan

Selama peserta didik melakukan kegiatan guru harus memperhatikan dan melakukan penilaian sesuai dengan unsurunsur penilaian keterampilan.

Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari materi yang telah diajarkan diatas dapat dijelaskan sebagai berikut :

1) Motor diesel menggunakan bahan bakar solar dalam proses pembakarannya.

2) Karakteristik motor diesel antara lain
   - Sistem penyalaan bahan bakarnya menggunakan penyalaan kompresi.
   - Puntiran pada mesin tidak bergantung kecepatan.
   - Efisiensi panas yang dihasilkan tinggi.

3) Proses terjadinya pembakaran disebabkan oleh tiga unsur yaitu bahan bakar, api/panas dan udara. Tiga unsur ini lebih dikenal dengan

segitiga api. Untuk mematikan proses pembakaran ini dengan menghilangkan salah satu unsur tersebut.

4) Dalam proses penyalaan pada motor diesel panas didapat dari hasil kompresi/pemampatan dalam silinder. Apabila bahan bakar disemprotkan dalam bentuk kabut halus akan terbakar.

5) Proses pembakaran yang terjadi pada motor diesel dibagi menjadi 4 tingkatan yaitu tingkatan 1 (periode kelambatan penyalaan), tingkatan 2 (periode pembakaran cepat), tingkatan 3 (periode pembakarn terkendali) dan tingkatan 4 (periode pembakaran sisa).

6) Komponen gas buang yang membahayakan adalah asap hitam (angus), *hidrokarbon* yang tak terbakar (UHC), *karbon monoksida* (CO), *oksida nitrogen*(NO) dan NO_2

7) Penyebab bunyi yang keras pada motor diesel dikarenakan motor diesel bekerja dengan tekanan pembakaran yang lebih tinggi dan laju kenaikannya lebih cepat.

8) Ledakan diesel atau detonasi adalah peristiwa ledakan didalam silinder saat periode pembakaran cepat.

9) Bilangan cetan adalah suatu indeks yang biasa dipergunakan bagi bahan bakar motor diesel untuk menunjukkan tingkat kepekaannya terhadap detonasi.

10) Sistem penyemprotan bahan bakar dibagi menjadi dua yaitu sistem penyemprotan langsung (bahan bakar langsung disemprotkan ke dalam silinder) dan sistem penyemprotan tidak langsung (bahan bakar sebelum masuk keruang utama bahan bakar disemprotkan dulu melalui ruang bakar tambahan).

11) Model penyemprotan bahan bakar dibagi menjadi 2 yaitu model tekanan udara dan model udara tekanan rendah. Adapun syarat-syarat yang berhubungan dengan penyemprotan yang sempurna meliputi :

atomisasi (pengabutan), distribusi (penyaluran), tenaga penetrasi, dispersi (penyebaran) dan jarak penetrasi.

12) Fungsi dari *turbocharger* adalah untuk menambah pemasukan udara ke dalam silinder dengan jalan memanfaatkan tenaga yang terbuang oleh gas buang untuk menggerakkan turbin yang terhubung dengan *blower* udara isap. Letak *turbocharger* beada di bagian belakang mesin ujung pipa gas buang.

3. Refleksi

a. Refleksi komponen pembelajaran

a) Bagaimana tanggapan peserta didik terhadap rencana kegiatan belajar yang telah saya rancang?
Peserta didik sangat menyukai rencana kegiatan yang saya buat karena dapat mempermudah materi yang akan diajarkan.

b) Apakah kegiatan awal pelajaran yang saya lakukan dapat membangkitkan semangat peserta didik untuk mengikuti pelajaran dengan baik?
Ya, karena setiap awal pembelajaran selalu berikan pertanyaan atau apersepsi tentang materi yang akan diajarkan.Sehingga peserta didik mengetahui output materi pembelajaran yang disampaikan.

c) Bagaimana tanggapan siswa terhadap metode pembelajaran yang saya terapkan pada pelajaran hari ini?
Peserta didik cukup nyaman dengan teknik ceramah,tanya jawab,demonstrasi yang saya terapkan dalam pembelajaran hari ini.

d) Bagaimana reaksi peserta didik terhadap materi ajar yang saya sajikan, apakah sesuai dengan yang diharapkan? Apakah materi terlalu susah atau terlalu mudah dan sesuai dengan kemampuan awal peserta didik ?

Materi sudah disesuaikan dengan kemampuan peserta didik saya.Hal ini dibuktikan dengan beberapa pertanyaan yang saya ajukan peserta didik sebagian besar dapat menjawab dengan benar.

e) Bagaimana tanggapan peserta didik terhadap cara penyampaian materi pada pelajaran hari ini.Apakah terlalu cepat atau lambat atau tidak jelas.

Peserta didik cukup memahami materi yang saya ajarkan karena intonasi dan suara yang saya sampaikan dapat didengar dengan baik dan materi yang saya sampaikan dapat dipahami dengan baik.

f) Bagaimana komentar siswa terhadap pengelolaan kelas (membimbing pembelajaran,cara pendekatan kepada peserta didik, cara memecahkan masalah dalam pembelajaran,cara meningkatkan motivasi dan kreatifitas dalam pembelajaran) yang saya lakukan?

Saya selalu berusaha menerapkan kondisi pembelajaran yang kondusif serta membuat peserta didik menjadi nyaman dan tidak terbebani dengan pembelajaran yang sedang dilaksanakan.

Ketika peserta didik sudah mulai kelihatan sudah capek,mengantuk saya mencoba mengatasi masalah tersebut dengan menganjurkan berdiri lalu melakukan pelenturan badan dan yang merasa mengantuk untuk cuci muka dulu .

Dari rangkaian kegiatan penyegaran tadi dapat membantu peserta didik kembali segar dan semangat lagi dalan mengikuti pembelajaran.

g) Bagaimana komentar peserta didik terhadap media pembelajaran yang digunakan apakah sudah sesuai dengan materi ajar atau belum ?

Media yang saya pergunakan sangat membantu peserta didik memahami materi yang diajarkan.

h) Apakah peserta didik dapat menerima penjelasan atau perintah yang saya berikan dengan baik ?

Para peserta didik mampu menerima penjelasan dan perintah yang saya berikan dengan baik.

i) Bagaimana tanggapan peserta didik terhadap penilaian yang telah saya laksanakan ?

Peserta didik merespons dengan baik karena soal-soal yang diberikan tidak menyimpang dari materi yang telah diajarkan.

j) Apakah peserta didik mampu mencapai angka kriteria ketuntasan minimal yang telah ditetapkan?

Peserta didik mampu mencapai angka KKM yang telah ditetapkan yaitu 7,50 ini berarti penguasaan materi oleh peserta didik sangat baik.

k) Apakah saya telah dapat mengatur dan memanfaatkan waktu pembelajaran dengan baik ?

Dengan waktu yang tersedia materi dapat dituntaskan dan diselesaikan dengan baik.

l) Apakah kegiatan menutup pelajaran yang telah saya lakukan dapat meningkatkan pemahaman peserta didik terhadap materi yang telah diajarkan hari ini ?

Ya,kegiatan ini dapat meningkatkan pemahaman peserta didik karena saya mengajak peserta didik untuk mengulang dan merangkum kembali materi telah diajarkan .

b. Refleksi keseluruhan terhadap aspek –aspek pembelajaran

a) Apakah rencana kegiatan belajar untuk peserta didik telah saya rencanakan dengan sistematis dan dapat meningkatkan prestasi belajar peserta didik.

Rencana kegiatan belajar yang saya susun sudah sesuai dengan kompetensi inti dan kompetensi dasar motor tenaga dan instalasi tenaga kapal niaga.

b) Apakah kelemahan-kelemahan saya dalam menyusun rencana kegiatan belajar dan mengaplikasikannya di dalam kelas? Apa dalam hal penguasaan materi ajar atau cara penyampaian materi ajar ke peserta didik atau dalam penggunaan media pembelajaran atau penggunaan metode pembelajaran atau penataan kegiatan atau pengelolaan kelas atau cara berkomunikasi dengan peserta didik atau pendekatan terhadap siswa atau dalam penggunaan waktu atau pelaksanaan penilaian belajar peserta didik ?

Kelemahan saya dalam pembelajaran kali ini adalah berhubungan dengan penggunaan media pembelajaran.Karena masih secara konvensional

c) Bagaimana cara memperbaiki kelemahan tersebut sehingga pembelajaran dapat berjalan dengan baik?

Tapi untuk pertemuan berikutnya akan digunakan media proyektor dalam penyampaian materi sehingga peserta didik lebih mudah dalam menyerap materi yang diberikan.

d) Apa saja kelebihan – kelebihan yang telah saya hasilkan dalam merancang rencana kegiatan belajar serta melaksanakan pembelajaran didalam kelas?
Kegiatan belajar yang saya rancang dapat dilakukan dengan baik dan materi yang diajarkan dapat mudah dipahami oleh peserta didik.

e) Apa kelebihan dan kekuatan saya dalam mengajar dapat dipertahankan bahkan ditingkatkan ?
Pembelajaran aktif,inovatif, kreatif dan menyenangkan akan saya pertahankan untuk mencapai hasil belajar yang lebih baik.

f) Hal-hal positif apa yang telah saya lakukan dalam pembelajaran?
Saya menanamkam kepada peserta didik mengenai perlunya kepribadian dan perilaku karakter yang baik.Karena pembelajaran bukan hanya mengejar ketuntasan materi tetapi akhlak yang baik itu lebih utama.

g) Apakah materi yang saya ajarkan dapat dipertanggungjawabkan ?
Saya yakin materi yang saya ajarkan tidak akan menyimpang dari rambu – rambu yang telah diberikan yaitu sesuai dengan silabus pembelajaran yang ada.

4. Tugas

1. Lakukan percobaan di bawah ini .
   a) Sebuah lilin menyala kemudian ditutup gelas dengan rapat.

b) Sebuah lilin menyala dalam ruangan terbuka.

Amatilah kejadian tersebut diatas dan buatlah kesimpulan dari percobaan tersebut yang berhubungan dengan proses terjadinya pembakaran!

2. Gambarkan bagian – bagian sistem penyemprotan langsung!
3. Gambarkan bagian – bagian sistem penyemprotan tak langsung!
4. Gambarkan secara skema bagian – bagian turbocharger!
5. Jelaskan cara kerja turbocharger dengan singkat dan jelas!

5. Test Formatif

Soal pilihan ganda.

Pilihlah satu dari pilihan jawaban yang paling benar !

1. Yang bukan merupakan motor bakar dibawah ini adalah…
   a. Motor diesel 2 tak
   b. Motor bensin 2 tak
   c. Motor uap
   d. Motor diesel 4 tak
   e. Motor bensin 4 tak

2. Berdasarkan putarannya motor diesel dibedakan menjadi…
   a. 1 jenis putaran
   b. 2 jenis putaran
   c. 3 jenis putaran
   d. 4 jenis putaran
   e. 5 jenis putaran
3. Dalam penggunaannya motor diesel dipakai untuk kendaraan yang membutuhkan tenaga besar.Dibawah ini penggunaan motor diesel yang tidak cocok digunakan pada kendaraan…
   a. Kapal laut
   b. Kereta api

c. Traktor
d. Pesawat terbang
e. Truck

4. Motor diesel mempunyai kelebihan dibanding motor bensin.Yang tidak termasuk kelebihan motor diesel adalah…
   a. Kuat dan kokoh
   b. Tenaga yang dihasilkan besar
   c. Suaranya keras
   d. Bahan bakarnya harganya murah
   e. Asapnya tidak terlalu berbahaya

5. Proses pembakaran terjadi karena ada beberapa unsur menjadi satu. Adapun unsure-unsur tersebut adalah…
   a. Udara, bahan bakar, panas
   b. Udara dan panas
   c. Bahan bakar dan udara
   d. Panas dan bahan bakar
   e. Tidak ada jawaban yang benar
6. Cara yang paling tepat dibawah ini untuk menghentikan proses pembakaran adalah …
   a. Menutup kran bahan bakar
   b. Tidak adanya panas
   c. Menghilangkan salah satu unsur segitiga api
   d. Saluran udara ditutup
   e. Jawaban A,B,C dan D benar semua
7. Alat untuk menyemprotkan bahan bakar pada motor diesel dinamakan…
   a. Injektor
   b. Feed Pump
   c. Priming pump
   d. Injection pump

e. *Plunger*

8. Agar bahan bakar dapat terbakar maka bahan bakar yang disemprotkan kedalam ruang bakar harus berbentuk…
   a. Cair
   b. Uap
   c. Kabut halus
   d. Kabut kasar
   e. Tidak ada jawaban yang benar

9. Panas untuk proses pembakaran pada motor diesel dihasilkan dari …
   a. Percikan api busi
   b. Pemampatan pada silinder
   c. Semprotan bahan bakar
   d. Gesekan yang menimbulkan panas
   e. Udara

10. Pada motor diesel udara segar yang dimasukkan kedalam silinder menggunakan berapa metode…
    a. 1 metode
    b. 2 metode
    c. 3 metode
    d. 4 metode
    e. 5 metode

11. Untuk menaikkan daya motor perlu dilakukan hal-hal sebagai berikut kecuali…
    a. Memperbesar lubang silinder
    b. Menaikkan putaran motor
    c. Menambah jumlah bahan bakar
    d. Memperbesar frekuensi pembakaran
    e. Memperbesar jumlah udara yang terpakai

12. Jumlah tingkatan(periode) dalam melakukan proses pembakaran adalah …
    a. 1 Tingkat
    b. 2 Tingkat
    c. 3 Tingkat
    d. 4 Tingkat
    e. 5 Tingkat

13. Di bawah ini adalah periode dalam proses pembakaran, kecuali…
    a. Kelambatan penyalaan
    b. Pembakaran terkendali
    c. Pembakaran sisa
    d. Pembakaran cepat
    e. Pemasukan udara

14. Waktu persiapan yang diperlukan untuk pembakaran ini masuk dalam periode pembakaran…
    a. Kelambatan penyalaan
    b. Pemasukan udara
    c. Pembakaran sisa
    d. Pembakaran cepat
    e. Pembakaran terkendali

15. Dalam periode ini masih terjadi pembakaran karena adanya sisa bahan bakar yang belum terbakar pada periode sebelumnya. Periode ini dinamakan…
    a. Pembakaran cepat
    b. Pembakaran terkendali
    c. Pemasukan udara
    d. Kelambatan penyalaan
    e. Pembakaran sisa

16. Ketika api berkembang didalam ruang bakar dan bahan bakar telah disemprotkan sehingga pembakaran menjadi cepat dan tekanan naik pula, masuk dalam periode…
    a. Pemasukan udara
    b. Kelambatan penyalaan
    c. Pembakaran cepat
    d. Pembakaran sisa
    e. Pembakaran terkendali

17. Perubahan tekanan dapat dikontrol dengan cara mengatur jumlah bahan bakar yang disemprotkan kedalam silinder.Makanya periode ini dinamakan periode …
    a. Pembakaran cepat
    b. Pembakaran sisa
    c. Pemasukan udara
    d. Kelambatan penyalaan
    e. Pembakaran terkendali

18. Jika faktor kelebihan udara bertambah kecil maka ini menandakan bahwa…
    a. Bahan bakar terlalu sedikit
    b. Kelebihan udara
    c. Tidak ada bahan bakar
    d. Bahan bakar terlalu banyak
    e. Tidak ada udara

19. Jika udara terdiri atas 21% volume O_2 dan 79% volume N_2 maka volume minimum udara yang diperlukan untuk membakar sempurna bahan bakar tersebut adalah…
    a. 14,66 kg udara/kg bahan bakar
    b. 14,67 kg udara/kg bahan bakar

c. 14,68 kg udara/kg bahan bakar

d. 14,69 kg udara/kg bahan bakar

e. 15,00 kg udara/kg bahan bakar

20. Di bawah ini beberapa komponen gas buang yang membahayakan kecuali…

a. Asap hitam

b. *Karbon monoksida* (CO)

c. *Oksigen* (O_2)

d. *Hidrokarbon* yang tak terbakar (UHC)

e. *Nitrogen* (NO)

21. Penyebah bunyi yang keras pada motor diesel disebabkan oleh hal-hal sebagai berikut, kecuali…

a. Bunyi tumbukan katup dan dudukannya

b. Tekanan pembakaran yang tinggi

c. Tumbukan torak dan dinding silinder

d. Gas buang pada pangkal pipa

e. Penyemprotan bahan bakar oleh injector

22. Hal-hal berikut merupakan penyebab terjadinya ledakan diesel kecuali…

a. Penyalaan bahan bakar yang jelek

b. Tekanan isap rendah

c. Jumlah penyalaan yang sesuai

d. Turbulensi di dalam ruang bakar

e. Perbandingan kompresi rendah

23. Untuk mengantisipasi agar tidak terjadi ledakan diesel maka upaya yang harus dilakukan sebagai berikut, kecuali…

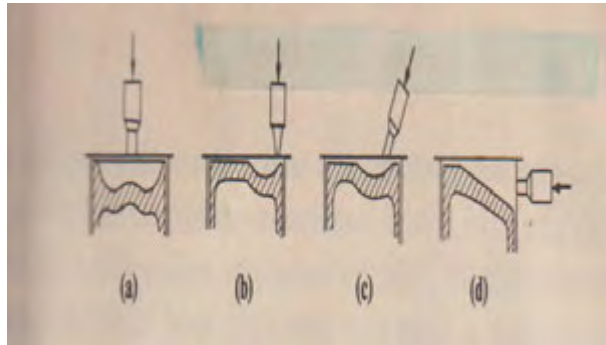
a. Pemilihan ruang bakar yang tepat

b. Menaikkan perbandingan kompresi
c. Memilih ukuran penyemprot bahan bakar yang tepat
d. Memakai bahan bakar yang memudahkan dalam penyalaan
e. Memilih minyak pelumas yang tepat

24. Suatu indeks yang biasa dipergunakan bagi bahan bakar motor diesel untuk menunjukkan tingkat kepekaannya terhadap detonasi dinamakan…
    a. Bilangan kwadrat
    b. Bilangan cetan
    c. Bilangan ganjil
    d. Bilangan cacah
    e. Bilangan genap

25. Untuk mengurangi ledakan maka nilai oktan suatu bahan bakar harus….
    a. Sedang
    b. Nol
    c. Tinggi
    d. Rendah
    e. Tidak ada jawaban yang benar

26. Pada motor diesel sistim penyemprotan bahan bakar kedalam ruang bakar terdiri dari…
    a. Penyemprotan langsung saja
    b. Penyemprotan tak langsung saja
    c. Penyemprotan langsung dan penyemprotan tak langsung
    d. Penyemprotan bertingkat
    e. Tidak ada jawaban yang benar

27. Gambar di bawah ini menunjukkan model ruang bakar jenis….

a. Model hati
b. Model sel udara
c. Model kamar pusar
d. Model setengah bola
e. Model ruang bakar kamar muka

28. Hal-hal yang berkaitan dengan pengabutan bahan bakar yang sempurna seperti dibawah ini, kecuali……
    a. Atomisasi
    b. Tenaga penetrasi
    c. Jenis bahan bakar
    d. Distribusi (penyaluran)
    e. Dispersi (penyebaran)

29. Untuk menambah pemasukan udara ke dalam silinder dengan jalan memanfaatkan tenaga yang terbuang oleh gas buang untuk menggerakkan turbin yang terhubung dengan *blower* udara isap, ini merupakan fungsi suatu alat yang dinamakan…
    a. Pompa injeksi
    b. Turbocharged
    c. Accumulator
    d. Pompa tangan
    e. Motor *starter*

30. Di bawah ini yang tidak termasuk bagian *turbocharged* adalah…
    a. Poros turbin
    b. Labirin
    c. Katup
    d. Saluran udara masuk
    e. Roda *blower*

Soal essay

Kerjakan soal dibawah ini dengan benar dan tepat!

1. Sebutkan 3 karakteristik motor diesel yang membedakannya dengan motor bakar yang lain!
2. Jelaskan penyebab terjadinya pembakaran dalam motor diesel?
3. Jelaskan mengapa motor diesel disebut juga motor penyalaan kompresi!
4. Sebutkan 4 tingkatan proses pembakaran dalam motor diesel!
5. Sebutkan zat-zat yang berbahaya yang terkandung dalam gas sisa pembakaran motor diesel.
6. Apa yang dimaksud dengan sistem penyemprotan langsung dan sistem penyemprotan tidak langsung?
7. Jelaskan kegunaan turbocharger dan sebutkan bagian-bagiannya!

Kunci Jawaban soal tes formatif.

Soal Pilihan Ganda.

1. C. (Motor uap)
2. C. (3 jenis putaran)
3. D. (Pesawat terbang)
4. C. (Suaranya keras)
5. A. (Udara,bahan bakar,panas)
6. E. (Jawaban A,B,C dan D benar)
7. A. (Injektor)
8. E. (Kabut halus)

9. B. (Pemampatan pada silinder)
10. B. (2 metode)
11. C. (Menambah jumlah bahan bakar)
12. D. (4 tingkat)
13. E. (Pemasukan Udara)
14. A. (Kelambatan penyalaan)
15. E. (Pembakaran sisa)
16. C. (Pembakaran cepat)
17. E. (Pembakaran terkendali)
18. D. (Tidak ada bahan bakar)
19. C. (14,68 kg udara/kg bahan bakar)
20. C. (Oksigen)
21. E. (Penyemprotan bahan bakar)
22. C. (Jumlah penyalaan yang sesuai)
23. E. (Memilih minyak pelumas yang tepat)
24. B. (Bilangan cetan)
25. C. (Tinggi)
26. C. (Penyemprotan langsung dan penyemprotan tak langsung)
27. E. (Model ruang bakar kamar muka)
28. C. (Jenis bahan bakar)
29. B. (Turbocharger)
30. C. (Katup)

Soal Essay

1. Karakteristik motor diesel antara lain
   - Sistem penyalaan bahan bakarnya menggunakan penyalaan kompresi.
   - Puntiran pada mesin tidak bergantung kecepatan.
   - Efisiensi panas yang dihasilkan tinggi.

2. Proses terjadinya pembakaran pada motor diesel disebabkan oleh tiga unsur yaitu bahan bakar,api/panas dan udara.Tiga unsur ini lebih dikenal dengan segitiga api.
3. Motor diesel dinamakan motor penyalaan kompresi karena pada saat proses penyalaan pada motor diesel , panas didapat dari hasil kompresi/pemampatan dalam silinder.Apabila bahan bakar disemprotkan dalam bentuk kabut halus akan terbakar.
4. Proses pembakaran yang terjadi pada motor diesel dibagi menjadi 4 tingkatan yaitu:
   - Tingkatan 1 (periode kelambatan penyalaan)
   - Tingkatan 2 (periode pembakaran cepat)
   - Tingkatan 3 (periode pembakarn terkendali)
   - Tingkatan 4 (periode pembakaran sisa).
5. Komponen gas buang yang membahayakan pada motor diesel yaitu :
   - Asap hitam (angus)
   - Hidrokarbon yang tak terbakar (UHC)
   - Karbon monoksida (CO)
   - Oksida nitrogen(NO)
   - NO_2

6. Sistem penyemprotan bahan bakar dibagi menjadi dua yaitu:
   - Sistem penyemprotan langsung adalah pada saat proses pembakaran bahan bakar langsung disemprotkan kedalam silinder.
   - Sistem penyemprotan tak langsung adalah pada saat proses pembakaran bahan bakar sebelum masuk keruang utama bahan bakar disemprotkan dulu melalui ruang bakar tambahan.
7. Fungsi dari turbocharger adalah untuk menambah pemasukan udara kedalam silinder dengan jalan memanfaatkan tenaga yang terbuang oleh

gas buang untuk menggerakkan turbin yang terhubung dengan blower udara isap.

Adapun bagian – bagian turbocharger terdiri dari :

- Poros turbin dan sudu – sudu.
- Saluran udara masuk.
- Roda blower.
- Nozzle dan diffuser.
- Bantalan.
- Labirin.
- Intercooler.

Cocokkanlah jawaban anda dengan kunci jawaban yang ada.

Hitunglah jumlah jawaban anda yang benar, kemudian gunakanlah rumus di bawah ini untuk mengetahui tingkat penguasaan anda terhadap materi Kegiatan Belajar 1.

Norma Penilaian.

1. Untuk soal pilihan ganda setiap nomor ,apabila jawabannya benar nilainya "1".

   Jadi untuk soal pilihan ganda kalau benar semua berarti nilainya "30"
2. Untuk soal essay kalau jawabannya benar semua,masing – masing nomor soal nilainya sebagai berikut:
   a. Soal nomor 1 bobot nilainya = 10
   b. Soal nomor 2 bobot nilainya = 10
   c. Soal nomor 3 bobot nilainya = 10
   d. Soal nomor 4 bobot nilainya = 10
   e. Soal nomor 5 bobot nilainya = 10
   f. Soal nomor 6 bobot nilainya = 10
   g. Soal nomor 7 bobot nilainya = 10

   Jadi untuk soal essay kalau benar semua berarti nilainya "70"

3. Total Nilai = (Total nilai pilihan ganda + Total nilai essay)

   Arti tingkat penguasaan yang anda capai :

   90 - 100 : Baik sekali

   80 - 89 : Baik

   70 - 79 : Cukup

   $\leq$ 69 : Kurang

   Bila tingkat penguasaan anda mencapai 75 ke atas, anda dapat meneruskan ke kegiatan belajar berikutnya.Karena nilai kriteria ketuntasan minimal untuk kompetensi inti ini adalah 75.

   Tetapi apabila nilai yang anda capai di bawah 75 , anda harus mengulangi kegiatan belajar 1, terutama pada bagian yang belum anda kuasai.

C. Penilaian

1. Penilaian sikap

Penilaian sikap terhadap peserta didik terbagai menjadi dua penilaian yaitu :

- Penilaian oleh teman sejawat.
- Penilaian oleh guru.

LEMBAR PENILAIAN SIKAP

(oleh Teman Sejawat)

Kompetensi Dasar :……………………………..

Nama Siswa :......................................

Nomor Induk Siswa :......................................

Hari/Tanggal :......................................

NO	ASPEK SIKAP	SKOR PENILAIAN				
		1	2	3	4	5
1	Kerjasama					
2	Kedisiplinan					
3	Kejujuran					
4	Kemandirian					
5	Tanggung jawab					
6	Memecahkan masalah					
7	Ketelitian					
8	Kelengkapan data					
9	Menggunakan informasi dan teknologi					
10	Keuletan					
11	Bertutur kata yang santun					
12	Dapat dipercaya					
13	Suka menolong dalam kebaikan					
14	Menghormati teman					
15	Menghormati guru					
16	Kemauan yang keras dalam belajar belajar					
TOTAL SKOR						

LEMBAR PENILAIAN SIKAP

(oleh Guru)

Kompetensi Dasar : …………………………..

Nama Siswa :.......................................

Nomor Induk Siswa :.......................................

Hari/Tanggal :.......................................

NO	ASPEK SIKAP	SKOR PENILAIAN				
		1	2	3	4	5
1	Kerjasama					
2	Kedisiplinan					
3	Kejujuran					
4	Kemandirian					
5	Tanggung jawab					
6	Memecahkan masalah					
7	Ketelitian					
8	Kelengkapan data					
9	Menggunakan informasi dan teknologi					
10	Keuletan					
11	Bertutur kata yang santun					
12	Dapat dipercaya					
13	Suka menolong dalam kebaikan					
14	Menghormati teman					
15	Menghormati guru					
16	Kemauan yang keras dalam belajar					
TOTAL SKOR						

Catatan :

a. Beri tanda cek (√) pada kolom skor perolehan sesuai keterangan berikut :

   1 = Kurang sekali

   2 = Kurang

   3 = Cukup

   4 = Baik

   5 = Baik sekali

b. Penilaian ini dilakukan selama kegiatan pembelajaran dan diskusi,hasil dari penilaian ini digunakan untuk mengetahui tingkat atau kadar tingkah laku dan sikap yang digunakan sebagai bahan pertimbangan skor atau nilai akhir. Apabila nilai siswa lebih dari 7 maka siswa dinyatakan memiliki sikap positif dan baik.

2. Penilaian pengetahuan

Penilaian pengetahuan dilakukan dengan menggunakan berbagai macam cara.Adapun cara melakukan penilaian pengetahuan meliputi :

- Ulangan lisan.
- Ulangan tertulis.
- Tugas

Pada penilaian pengetahuan kali ini coba anda kerjakan tes formatif diatas dengan sejujur-jujurnya.

Jika anda dalam mengerjakan soal formatif diatas nilainya melebihi 75 maka anda dinyatakan sudah lulus.

3. Penilaian keterampilan.

Untuk mengetahui sejauh mana kemampuan peserta didik dalam memahami materi yang diajarkan maka diperlukanannya kegiatan praktek sehingga peserta didik akan lebih paham. Adapun untuk mempermudah penilaian maka menggunakan lembar penilaian keterampilan seperti dibawah ini.

LEMBAR PENILAIAN KETERAMPILAN

Kompetensi Dasar :……………………………..

Nama Siswa :.......................................

Nomor Induk Siswa :.......................................

Hari/Tanggal :.......................................

NO.	KOMPONEN	SKOR	
		MAX.	DICAPAI
1.	Prosedur Kerja a. Persiapan kerja (menyiapkan alat dan bahan praktek) b. Urutan pekerjaan sesuai dengan tahapannya.	30	
2.	a. Mengidentifikasi jenis ruang bakar motor diesel. b. Mengidentifikasi cara kerja dan bagian – bagian turbocharger.	20	
3.	Kebersihan, kerapian, ketelitian dan keselamatan kerja	20	
4.	Hasil kerja	20	
5.	Waktu	10	
	Total Skor	**100**	

TOTAL NILAI KESELURUHAN = 70 %(NK) X 30 % (NP)

Catatan :

NP : Nilai Pengetahuan

NK : Nilai Keterampilan

KEGIATAN PEMBELAJARAN 2. SISTEM *STARTING* (PENJALAN)

A. Deskripsi

1. Pengertian

Mata pelajaran motor diesel dan instalasi tenaga kapal niaga ini diperuntukan bagi peserta didik paket keahlian teknika kapal niaga kelas XI semester 3. Motor diesel dan instalasi tenaga kapal niaga mempelajari tentang motor diesel (penggerak utama kapal) dan instalasi tenaga kapal niaga yang terdiri dari *gear box* (untuk menggerakkan kapal maju mundur), *propeller shaft* (meneruskan tenaga dari *gear box* ke *propeller*), *propeller* (menghasilkan daya dorong kapal dari hasil putaran).

Dalam melakukan kegiatan operasional motor diesel diperlukannya sistem *start* untuk memulai menghidupkan mesin.

Untuk kegiatan pembelajaran 2 ini lingkup materi yang dibahas hanya mengenai sistem *starting* motor diesel.

2. Rasional

Motor diesel dalam kehidupan sehari – hari dapat mendukung kegiatan manusia. Dalam pengoperasiannya diperlukan gerakan awal untuk menghidupkan motor. Gerakan awal untuk menghidupkan motor ini yang sering disebut sistem *starting.* Pada awalnya untuk menghidupkan motor masih menggunakan sistem engkol atau manual. Tetapi dalam perkembangan teknologi sudah banyak sistem *starting* yang ada. Saat ini sudah ada sistem *starting* elektrik untuk motor diesel dengan daya mesin sedang dan sistem *starting* dengan udara tekan untuk motor diesel dengan daya mesin besar. Bisa dibayangkan jika motor diesel dengan daya mesin yang besar harus diengkol.

Untuk itu sistem *starting* elektrik dan udara tekan sangat membantu dalam melakukan pengoperasian motor.

3. Ruang lingkup materi

Pada kegiatan pembelajaran 2 mengenai sistem *starting* pada motor diesel lingkup materi yang diajarkan meliputi :

- Fungsi start.
- Start menggunakan engkol (manual).
- Start menggunakan motor *starter* (elektrik).
- Start dengan udara tekan.
- Sistem pemanas awal.

B. Kegiatan Belajar

1. Tujuan Pembelajaran

Mata pelajaran Motor Diesel dan Instalasi Tenaga Kapal Niaga (MDITKN) bertujuan untuk:

1) Menambah keimanan peserta didik dengan menyadari bahwa motor diesel dan instalasi tenaga kapal niaga merupakan kebesaran Tuhan yang menciptakannya.
2) Menyadari kebesaran Tuhan yang menciptakan bumi dan seisinya yang memungkinkan bagi makhluk hidup untuk tumbuh dan berkembang.
3) Menunjukkan perilaku ilmiah (memiliki rasa ingin tahu, objektif, jujur, teliti, cermat, tekun, ulet, hati-hati, bertanggung jawab, terbuka, kritis, kreatif, inovatif dan peduli lingkungan) dalam aktivitas sehari-hari sebagai wujud implementasi sikap ilmiah dalam melakukan pembelajaran motor diesel dan instalasi tenaga kapal niaga.

4) Menghargai kerja individu dan kelompok dalam aktivitas sehari-hari sebagai wujud implementasi melaksanakan kegiatan dan melaporkan hasil kegiatan.
5) Memupuk sikap ilmiah yaitu jujur, obyektif, terbuka, ulet, kritis dan dapat bekerjasama dengan orang lain.
6) Mengembangkan pengalaman menggunakan metode ilmiah untuk merumuskan masalah, mengajukan dan menguji hipotesis, mengumpulkan, mengolah, dan menafsirkan data, serta mengkomunikasikan hasil pembelajaran motor diesel dan instalasi tenaga kapal niaga secara lisan dan tertulis.
7) Mengembangkan kemampuan bernalar dalam berpikir analisis induktif dan deduktif dengan menggunakan konsep dan prinsip permesinan kapal niaga untuk menjelaskan berbagai peristiwa dan menyelesaian masalah baik secara kualitatif maupun kuantitatif.
8) Menguasai konsep dan prinsip motor diesel dan instalasi tenaga kapal niaga serta mempunyai keterampilan mengembangkan pengetahuan, dan sikap percaya diri sebagai bekal kesempatan untuk melanjutkan pendidikan pada jenjang yang lebih tinggi serta mengembangkan ilmu pengetahuan dan teknologi.
9) Menguasai konsep sistem starting yang dipakai pada motor diesel , baik motor diesel yang ukuran kecil maupun motor diesel yang berukurun besar.

2. Uraian Materi

a. Fungsi ***start***

Dalam menghidupkan mesin diperlukannya gerakan awal agar mesin dapat hidup. Gerakan awal untuk menghidupkan mesin ini lebih dikenal dengan sistem start

b. Jenis-jenis sistem *start*

Sistem *start* pada motor diesel dibedakan menjadi 3 jenis yaitu :

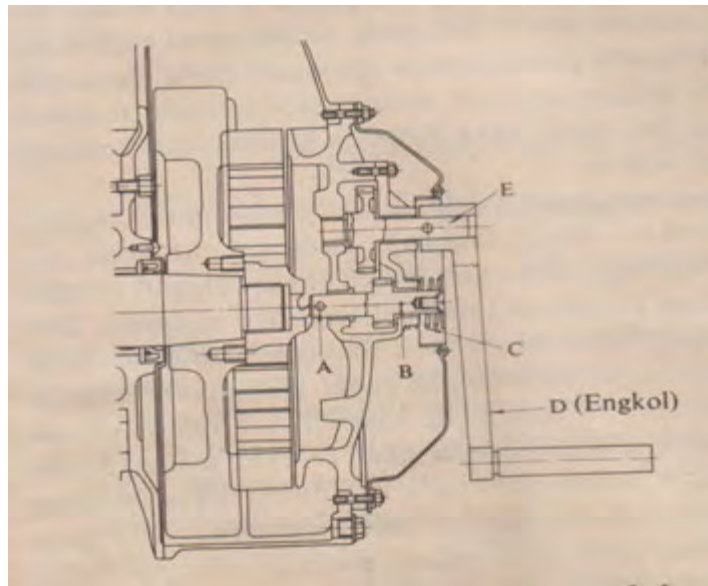
- Sistem start dengan engkol (manual).
- Sistem start dengan motor starter (elektrik).
- Sistem start dengan udara bertekanan.

1) Sistem start dengan engkol (manual).

Sistem *start* dengan mengengkol ini biasanya dipakai pada motor diesel yang berdaya mesin kecil seperti motor diesel satu silinder.

Dalam melakukan *start* mesin *fly wheel* atau roda gaya sangat berperan menyimpan energi kinetis yang selanjutnya dipergunakan untuk terjadinya langkah-langkah isap, kompresi, tenaga dan buang.

Langkah-langkah dalam melakukan *start* dengan mengengkol yaitu :

- Pastikan bahan bakar cukup dan kran bahan bakar dalam posisi terbuka.
- Pasang engkol pada mesin.
- Tekan tuas dekompresi untuk mempermudah dalam memutar poros engkol.
- Putarlah engkol apabila dirasa putarannya cukup untuk menghidupkan mesin lalu lepaskan tuas dekompresi dan mesin akan hidup.

Keterangan Gambar :

A = Pena , B = Poros , C = Pegas , D = Engkol

Gambar 20. Start dengan engkol (manual).

(Sumber :Motor Diesel Putaran Tinggi, Wiranto Arismunandar, Koichi Tsuda)

2) Sistem *start* dengan motor *starter* (elektrik).

Sistem *start* dengan motor *starter* digunakan pada motor diesel dengan ukuran menengah. Adapun komponen-komponen dari sistem *start* dengan motor *starter* adalah sebagai berikut :

- *Accumulator* atau aki yang berfungsi sebagai sumber tenaga DC/arus searah.
- Kunci kontak yang berfungsi untuk memutus dan menghubungkan arus listrik.
- Motor *starter*/dinamo *starter* yang berfungsi menghubungkan *pinion* dengan *flywheel* agar dapat berputar sehingga mesin hidup.

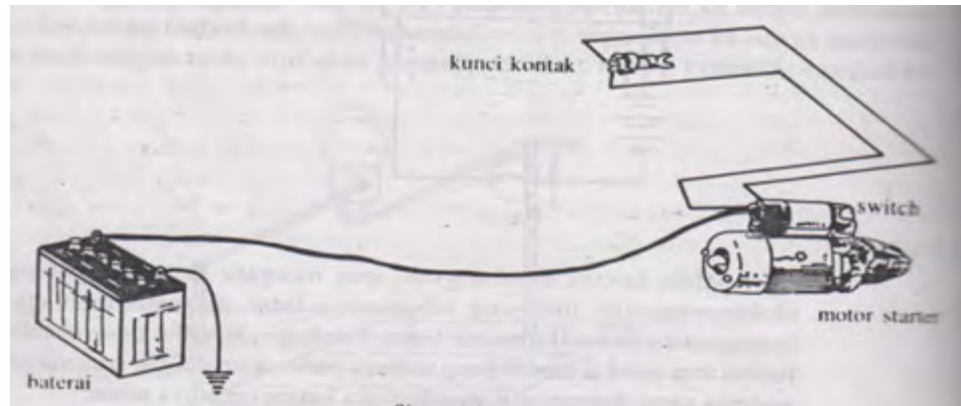
Langkah melakukan start dengan motor *starter* (elektrik) sebagai berikut :

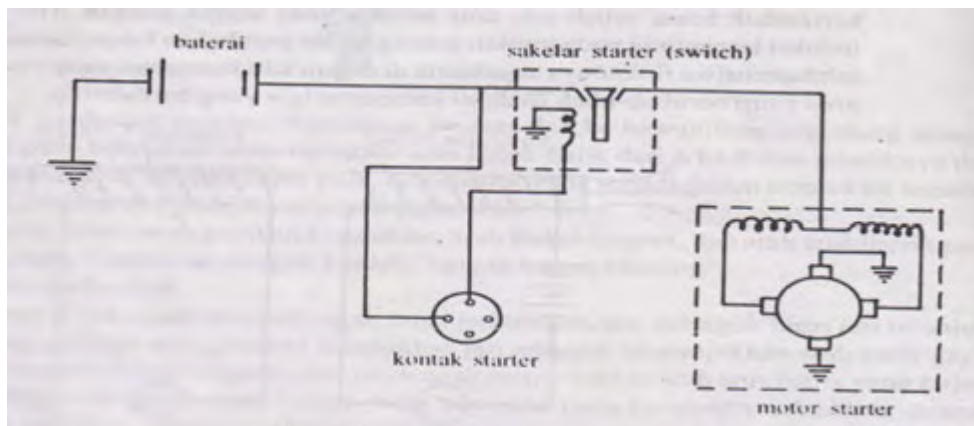
- Periksa hubungan *accumulator* dengan kunci kontak dan motor *starter* dipastikan terpasang dengan baik.
- Putar kunci kontak ke posisi “ON” sampai mesin hidup. Setelah mesin hidup lepaskan kunci kontak.

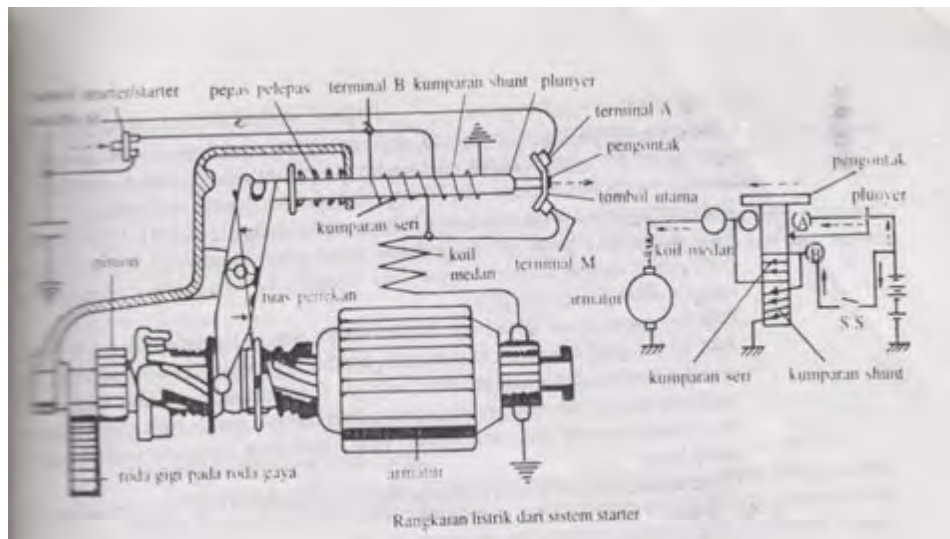
Pada sistem ini *flywheel* yang distart dengan motor *starter* dipasang roda gigi. Roda gigi *pinion* yang terpasang pada motor *starter* dapat bergerak maju dan mundur - disebabkan oleh gaya elektromagnetis sehingga dapat berhubungan dengan roda gigi pada *flywheel*.

Adapun cara kerja motor *starter* adalah sebagai berikut :

- Putarlah saklar start pada posisi “ON”.
- Arus mengalir melalui kumparan seri dan kumparan *shunt* menarik penggeraknya karena *pinion* didorong oleh *shift lever*.
- Pada saat yang sama arus mengalir ke motor melalui kumparan seri.
- Setelah *pinion* terpasang pada *ring gear*/*flywheel*, tekanan pada *slip ring pinion* menggerakkan *plunger* ke atas.
- *Ring gear*/*flywheel* terpasang mulai jangkar berputar karena arus yang mengalir ke motor *starter* melalui hubungan konektor.
- Mesin mulai berputar setelah *ring gear*/*flywheel* terpasang seluruhnya.
- Mesin akan berjalan dan tunggulah sampai putaran normal.
- Setelah putaran mesin normal , saklar start di “OFF”kan.
- Dengan diputusnya arus listrik gaya tarik saklar mekanik berhenti sehingga menyebabkan *pinion*nya kembali dan terlepas dari ring *gear*/*flywheel*
- Motor *starter* otomatis akan berhenti.

Gambar 21 dibawah ini menjelaskan rangkaian sistem start dengan motor starter.

Gambar 21. Sistem start dengan motor starter (elektrik).

(Sumber : Otomotif mesin tenaga, Drs.Bagyo sucahyo, Drs.Darmanto, Soemarsono,B.Sc)

Gambar 22. Rangkaian komponen sistem starter

(Sumber : Otomotif mesin tenaga, Drs.Bagyo sucahyo, Drs.Darmanto, Soemarsono,B.Sc)

Gambar 23. Rangkaian listrik dari sistem *starter*.

(Sumber : Otomotif mesin tenaga, Drs.Bagyo sucahyo, Drs.Darmanto, Soemarsono,B.Sc)

3) Sistem *start* dengan udara bertekanan.

Sistem *start* dengan udara tekan dipakai pada motor diesel yang berkapasitas besar terutama untuk *marine engine*. Adapun bagian-bagian dari sistem *start* dengan udara tekan ini meliputi :

- Tangki angin.
- Katup pemeriksa (*checks valves*).
- Katup manuver.
- Katup distribusi.
- Katup *start*.
- Kompresor udara.

(1). Tangki udara dan perlengkapannya.

Pada tangki udara memiliki beberapa bagian dan perlengkapan-perlengkapan yang mendukung. Komponen-komponen tersebut adalah sebagai berikut :

– Tangki udara.

Terdiri sebuah kotak katup beserta perlengkapannya dan sebuah tanki udara. Di dalam tangki berisi udara bertekanan dengan tekanan maksimum 30 kg/cm^2. Kapasitas di dalam tangki akan berkurang sesuai dengan penggunaannya.

– Katup *start* pada tangki udara.

Katup ini berfungsi apabila diperlukan untuk menghidupkan mesin. Katup akan terbuka dan tertutup sesuai dengan putaran *handle* Katup ini dibuat dalam pembukaan dan penutupan katupnya sehingga dalam melakukan *start* dapat sempurna. Katup tipe ini dinamakan katup martil.

– Katup pengisian pada tangki udara.

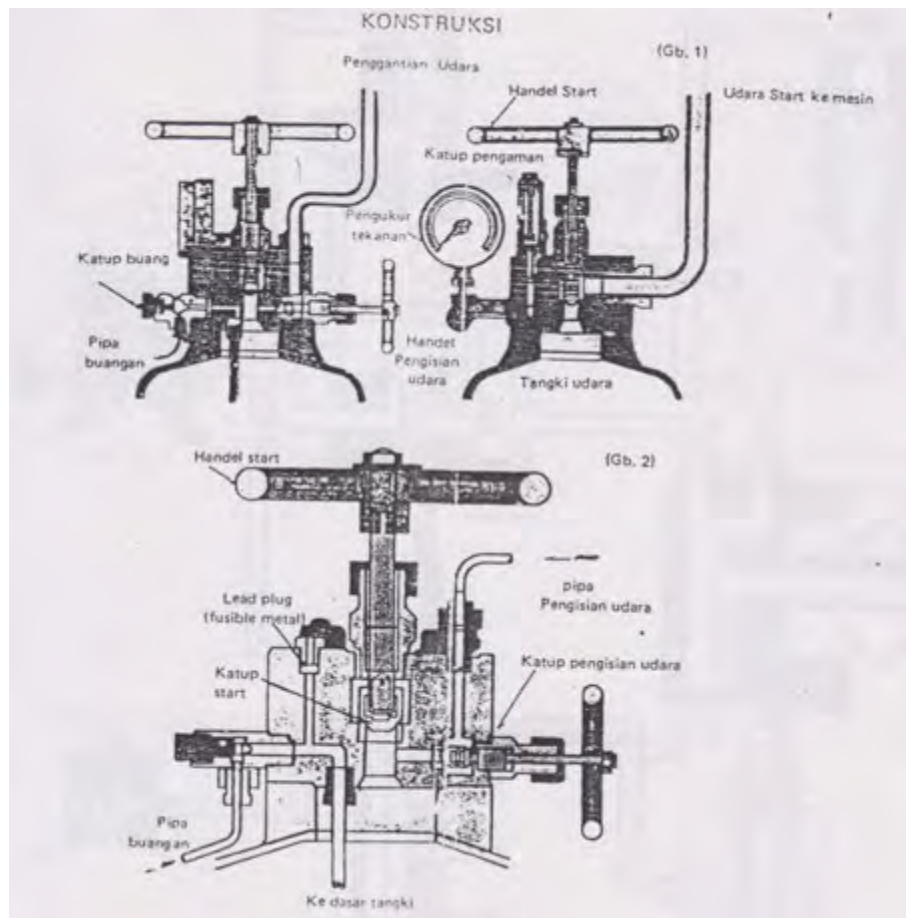
Katup ini menyalurkan udara kedalam tangki. Udara bertekanan disimpan pada tangki dan disalurkan dari klep pengisian dari mesin.

– Katup pembuangan.

Katup pembuangan ini berfungsi mengeluarkan timbunan hasil pengembunan dan uap dari dalam tangki. Untuk menyalurkan pembuangan ini dipasanglah pipa yang terdapat pada dasar mesin.

– Katup pengaman.

Katup ini berfungsi untuk mengatur pengisian udara agar tidak terjadi hal – hal yang membahayakan. Ini menjamin keamanan tangki dari tekanan yang bertambah lama bertambah besar mulai saat pengisian dan secara otomatis tertutup pada tekanan rendah.

Gambar berikut adalah konstruksi tangki udara dan perlengkapannya.

Gambar 24. Tangki udara dan perlengkapannya.

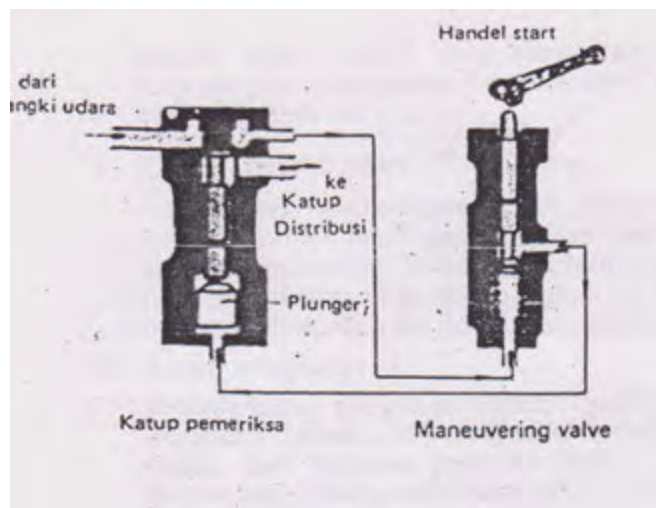
(Sumber :Motor Diesel Yanmar, Jilid 2)

(2). Katup pemeriksa (*checks valves*)

Bagian-bagian katup ini meliputi badan, pegas katup dan *plunger*. Udara dari katup *maneuver* menggerakkan *plunger* dan katup terbuka secara otomatis. Udara akan mengalir dari tangki ke katup distribusi.

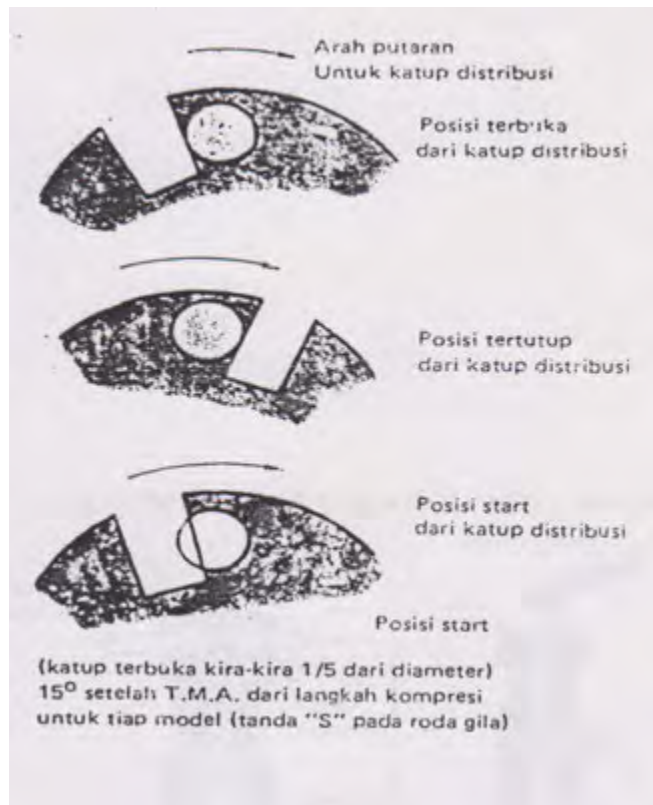
(3). Katup *maneuver*

Katup *maneuver* terdiri dari badan/*body*, katup, pegas katup dan gagang *start* dan katup pemeriksa yang berguna mengatur udara *start* ke *plunger*. Pada mesin dengan *start* otomatis katup ini diatur oleh sebuah solenoid.

Untuk menjaga agar katup *maneuver* dapat bekerja dengan baik maka harus dilakukan perawatan dengan cara memeriksa dan katupnya diskur secara berkala.

Gambar 25. Katup pemeriksa maneuver.

(Sumber :Motor Diesel Yanmar,Jilid 2)

(4). Katup distribusi (penyalur udara).

Katup distribusi ini terdiri dari katup *body* dan penutup yang digerakkan oleh poros nok. Katup ini berputar sesuai dengan putaran mesin. Jika lubang katup bertemu dengan lubang di dalam bodi katup maka udara tekan akan mengalir ke katup *start*.

Gambar 26. Katup distribusi

(Sumber :Motor Diesel Yanmar,Jilid 2)

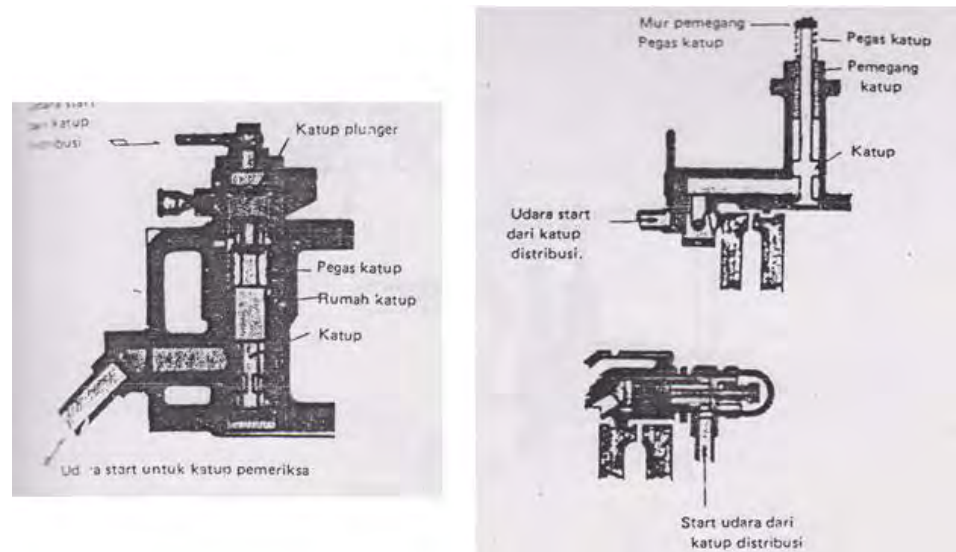
Apabila pembukaan kecil maka udara secara perlahan-perlahan keluar. Untuk mendorong agar piston dapat bergerak maka diperlukan tenaga yang besar. Oleh sebab itu posisi *start* diatur 15^{0} sesudah TMA dimana katup terbuka kira-kira 1/5 dan udara dapat lewat seefektif mungkin.

(5). Katup *start*.

Bagian-bagian dari katup *start* meliputi badan, katup dan pegas katup. Cara pembukaan katup *start* terbagi menjadi 2 yaitu

- Katup terbuka secara otomatis disebabkan oleh gerakan udara *start* dan tertutup oleh pegas dan tekanan dalam silinder.

– Katup terbuka oleh kombinasi tekanan dari udara *start* dan udara *maneuver*.

Setelah katup *start* terbuka maka udara akan mengalir ke dalam silinder dan mendorong piston sehingga menyebabkan mesin hidup.

Gambar 27. Katup *start*.

(Sumber : Motor Diesel Yanmar,Jilid 2)

(6). Kompresor udara.

Alat ini berfungsi mengisap dan memampatkan udara lalu disimpan dalam tangki udara. Di dalam proses pengisian tangki udara untuk *start*, kompresor yang diperlukan dikapal minimal harus 2 unit. Hal ini dimungkinkan jika terjadi kerusakan masih ada satu unit kompresor yang dipakai sehingga tidak mengganggu operasi kapal.

Gambar 28. Kompresor udara

(Sumber: www.Sholikhin.staff.uii.ac.id diakses jam 2.46 tanggal 4 november 2013)

Dalam melakukan pengisian tangki udara harus diperhatikan tekanan udara yang dianjurkan. Secara umum tekanan yang diijinkan harus dibawah 25 kg/cm^2.

Jika dalam pengisian udara ke tangki udara berlebihan maka akan menyebabkan ledakan. Tetapi kalau tangki udaranya di lengkapi dengan katup otomatis maka udaranya akan dibuang keluar sehingga ledakan dapat dihindarkan.Yang perlu diperhatikan dalam pengisian yaitu jalankan tanpa beban atau beban yang ringan sekali.

Adapun prosedur pengisian adalah sebagai berikut :

- Buka kran pengisian pada tangki udara dan tutup *handle* untuk *start*.
- Jalankan kompresor udara.
- Perhatikan tekanan pada tangki start selama pengisian (tekanan maksimum 25 kg/cm$^{2.}$)

- Setelah tekanan mencapai maksimum 25 kg/cm^2 matikan kompresor udara.
- Tutup kembali kran pengisian.

Cara men-*start* menggunakan sistem *start* udara tekan sebagai berikut :

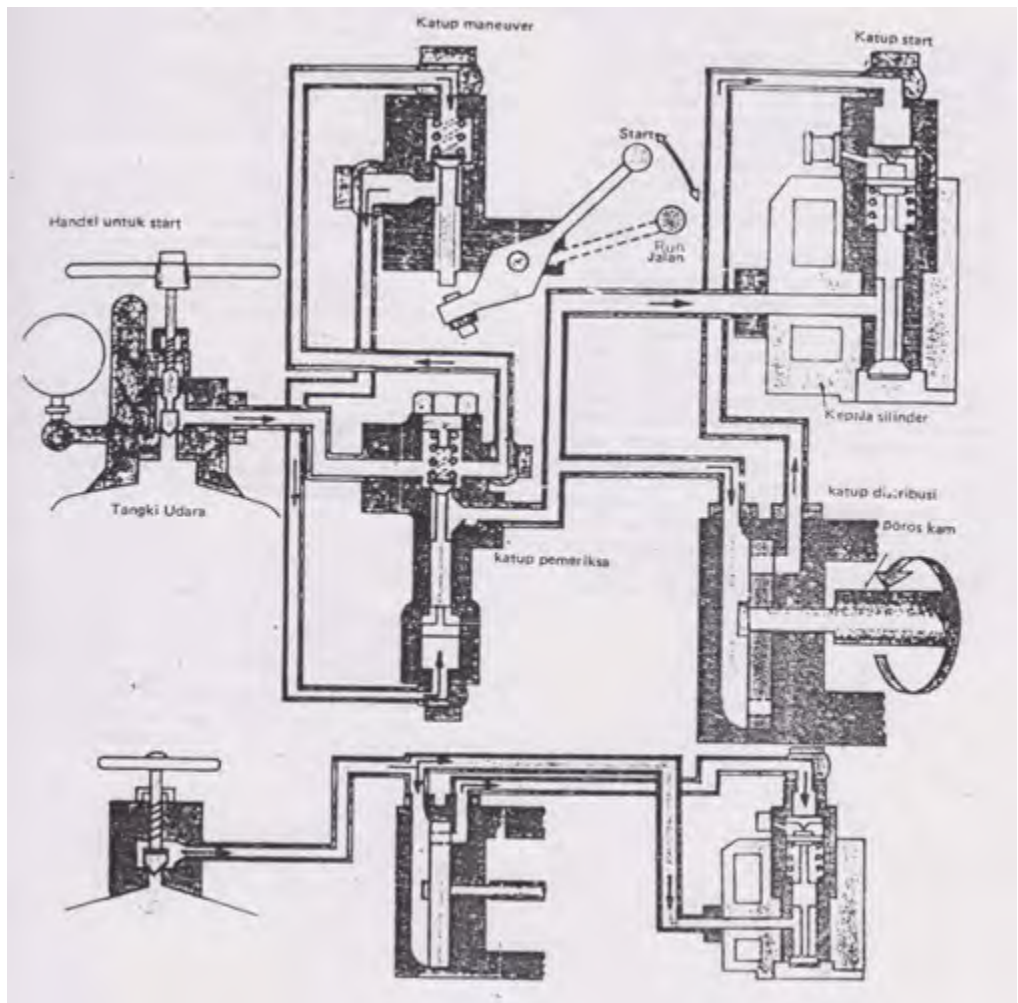
- Putar *flywheel* dan posisikan kedudukan silinder no.1 adalah 15^0 setelah titik mati atas pada langkah kompresi. Pada posisi ini klep distribusi terbuka dan mengalirkan udara. Jika mesin 6 silinder dalam men-*start* dapat berbagai posisi dan tidak perlu disesuaikan pada kedudukan *start*.
- Buka katup tangki pengisian dari tangki dan periksa tekanannya. Tekanan harus dijaga supaya *start* dapat berjalan dengan lancer, karena dalam men-*start* kadang-kadang lebih dari satu kali mesin baru dapat hidup.
- Atur lengan dekompresi atau indikator dari mesin pada posisi *start*.
- Buka *handle start* dari tangki udara segera. Semakin besar pembukaan katup udara udara yang mengalir menjadi besar sehingga memudahkan dalam start.
- Tutup *handle start* segera setelah mesin mulai hidup.

Di bawah ini ditunjukkan berbagai macam alur penyaluran udara sesuai dengan tipe masing-masing mesin utama.

(1).Tangki udara → Katup start → Katup distribusi → Silinder

(2).Tangki udara → Katup untuk cek → Katup distribusi → Katup start → Silinder
→ Katup maneuver

Keterangan :

- Pada alur bagan no 1, 2, 3 dan 4 untuk sistim *start* udara tidak otomatis.
- Pada alur no 5 sistim *start* udara secara otomatis.

Gambar 29. Komponen sistem *start* dengan udara tekan.

(Sumber : Motor Diesel Yanmar, Jilid 2)

4) Sistem pemanas awal.

Pada motor diesel seringkali dalam kondisi dingin mesin susah dihidupkan. Hal ini disebabkan karena panas kompresi diserap oleh motor diesel yang dingin sehingga menghalangi *start*. Untuk mengatasi hal tersebut maka sebuah pemanas listrik diletakkan dekat titik pembakaran atau sebuah alat yang pembakar yang membakar sebagaian bahan bakar yang dipergunakan. Cara tersebut biasanya

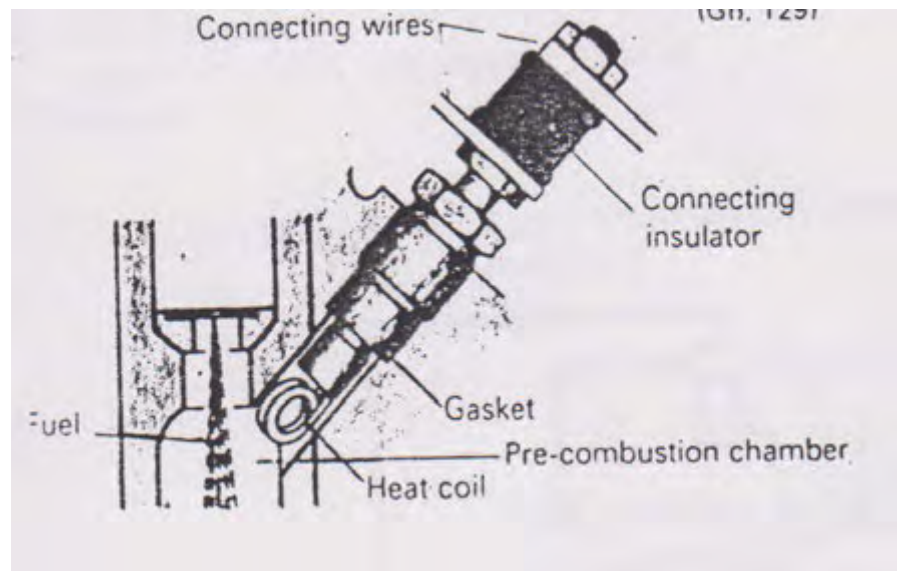
digunakan untuk memanaskan mesin sebelum *start*, sehingga dengan memanaskan udara yang ada dalam ruang bakar maka temperatur awal pembakaran akan tercapai.

Dibawah ini menjelaskan berbagai sistem pemanas awal yang sering dipakai pada motor diesel.

(1). *Glowplug*/busi pijar

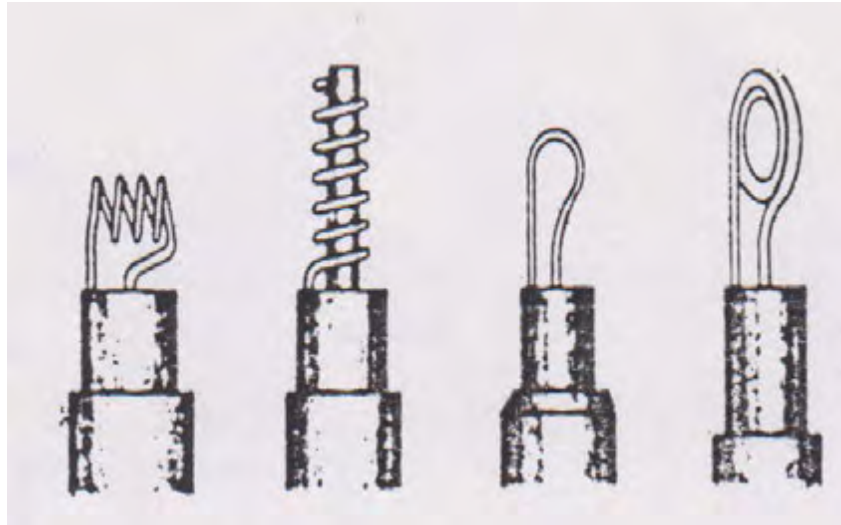
Sistem pemanas ini dipakai pada sistem penyemprotan tidak langsung/pra pembakaran. Setiap satu silinder dipasang satu *glowplug*.

Komponen-komponen *glowplug* terdiri dari :

- *Conecting wires*
- *Conecting insulator*
- *Gasket*
- *Heat coil*

Gambar 30. Instalasi glowplug

(Sumber :Mesin Diesel Yanmar,Jilid 2)

Pemasangan *glowplug* di ruang bakar dibuat sedemikian rupa sehingga posisinya langsung ke ruang pembakaran.

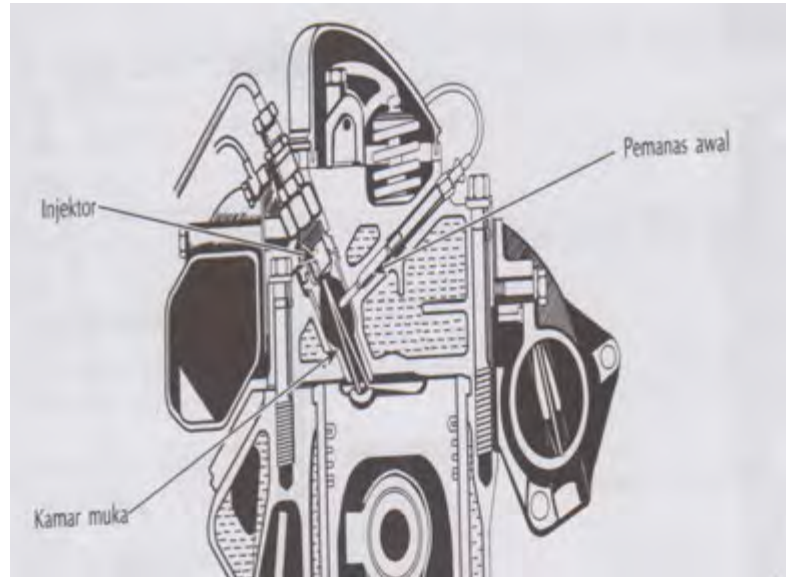
Jenis-jenis kumparan pemanas bermacam- macam seperti terlihat gambar di bawah ini. Kumparan pemanas biasanya terbuat dari *nichrome* atau *terri-chrome*.

Gambar 31. Bentuk-bentuk kumparan pemanas

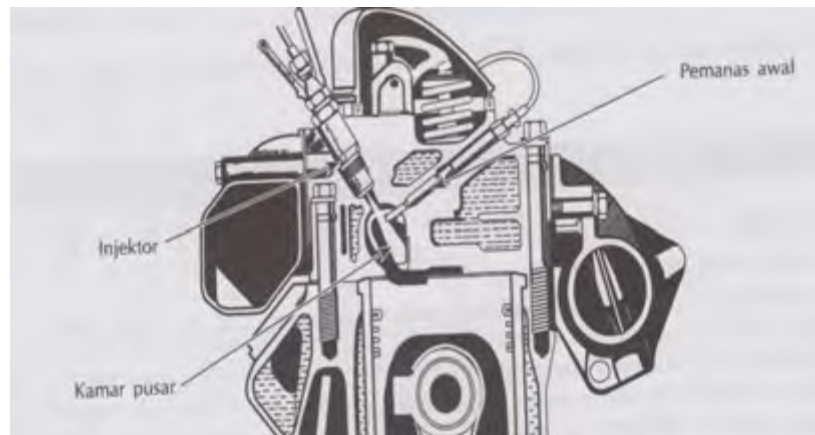
(Sumber : Mesin Diesel Yanmar, Jilid 2)

Kumparan pemanas dipanaskan mencapai suhu 1000 ^{0}C dan memerlukan *output thermal* lebih dari 60 W Plug-plug tersebut dihubungkan secara seri ke masing-masing silinder.

Tabel 2. Dibawah ini menunjukkan rating *glowplug*.

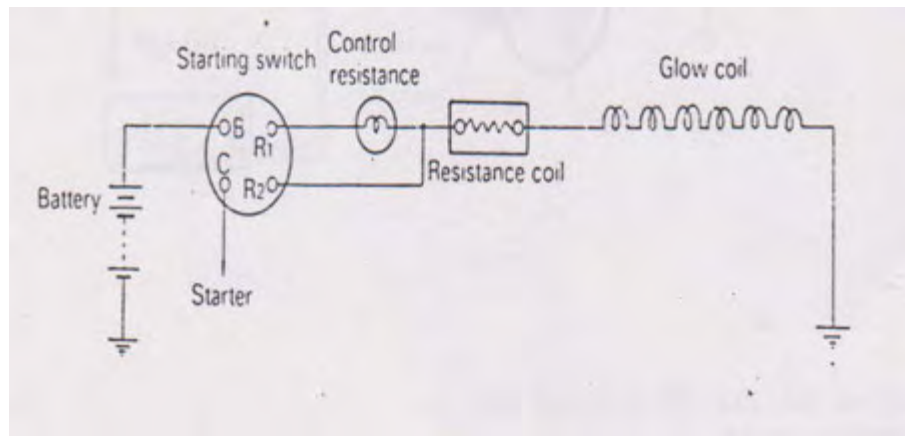
<table>
<tr><th>Tipe</th><th>Rating Voltage (V)</th><th>Read Current (A)</th></tr>
<tr><td rowspan="3">Model 1</td><td>1,8</td><td rowspan="3">40 or 60</td></tr>
<tr><td>1,5</td></tr>
<tr><td>1,25</td></tr>
<tr><td>Model 2</td><td>1,5</td><td>40</td></tr>
<tr><td>Model 3</td><td>1,7</td><td>35</td></tr>
</table>

Gambar di bawah ini menunjukkan busi pijar/*glowplug* yang dipasang pada sistem kamar muka (gambar 32) dan penempatan busi pijar/*glowplug* pada sistem kamar pusar (gambar 33).

Gambar 32. Busi pijar/*glowplug* yang dipasang pada sistem kamar muka.

(Sumber : Memperbaiki sistim injeksi bahan bakar diesel, Wahyu Triyono, Edi Santoso)

Gambar 33. Busi pijar/*glowplug* yang dipasang pada sistem kamar pusar.

(Sumber : Memperbaiki sistim injeksi bahan bakar diesel, Wahyu Triyono, Edi Santoso)

Keadaan panas pada kumparan pemanas dapat diukur dengan memasang alat kontrol. Semakin membara kawatnya semakin tinggi panas dari kumparan tersebut.

Waktu yang dibutuhkan untuk melakukan persiapan/pra pemanasan berkisar kurang lebih 30 detik. Jika dilakukan pra pemanasan dan dilakukan *start* maka akan terjadi turunnya tegangan yang tinggi sehingga temperatur kumparan juga turun.

Gambar 34. Diagram rangkaian *glowplug.*

(Sumber : Mesin Diesel Yanmar, Jilid 2)

Glowplug dipilih sesuai dengan mesin yang digunakan. Apabila tidak sesuai maka proses *start* akan terhambat.

Jika dalam pemasangan rangkaian ada komponen yang rusak maka *plug* tidak akan bekerja. Hal ini terjadi karena rangkaian dihubungkan secara seri. *Plug* juga harus dirangkai secara aman dan kabel yang digunakan harus sesuai.

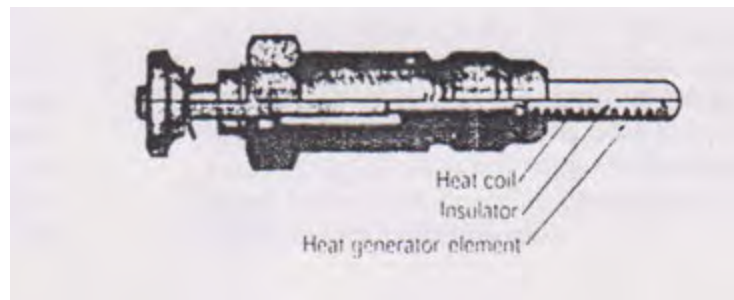
Kalau kumparan panas sangat cepat berarti berarti arus yang melaluinya besar, sedangkan jika tidak panas sama sekali berarti hubungan kabel longgar.

Masalah yang sering terjadi pada *glowplug* biasanya hangusnya kumparan yang disebabkan oleh hal-hal sebagai berikut :

- Serbuk yang berakumulasi pada *nozzle*.
- *Jet pressure* yang rendah.
- Peroide injeksi yang terlalu cepat.
- Nilai oktan bahan bakar yang tidak cukup.
- Mengalirnya arus listrik selama operasi.
- Hubungan ke tanah/*grounded* beberapa bagian rangkaian.

Sesuai dengan perkembangan jaman maka dibuatlah *glowplug* khusus yang dipakai pada motor diesel. *Glowplug* ini melindungi kumparan panas dari beban lebih yang terjadi pada motor diesel kecepatan tinggi.

Ciri utama dari *glowplug* khusus ini adalah :

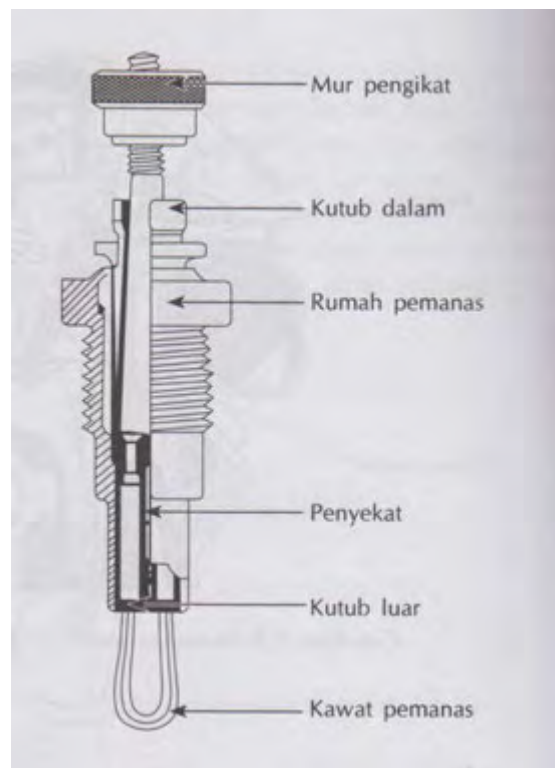
- Kumparannya tidak akan berkarat. Hal disebabkan tidak berhubungan langsung dengan gas pembakaran.
- Ketebalan kumparan tidak dibatasi sehingga bisa berbeda dari yang normal.
- Temperatur yang tinggi dibutuhkan untuk menghasilkan 1000 ^{0}C di permukaan.Kesulitan pada satu *plug* tidak berpengaruh terhadap *plug* yang lain karena terhubung pararel.

Gambar 35. *Glowplug* pencil (khusus).

(Sumber : Mesin Diesel Yanmar, Jilid 2)

(2). Pemanas awal.

Jenis pemanas awal pada sistem penyemprotan langsung terdiri dari :

- Pemanas awal jenis batang .
- Pemanas awal jenis kawat.

Di bawah ini menunjukkan pemanas awal jenis batang (gambar 36) dan pemanas awal jenis kawat (gambar 37).

Gambar 36. Pemanas awal jenis batang.

(Sumber : Memperbaiki sistim injeksi bahan bakar diesel, Wahyu Triyono, Edi Santoso)

Gambar 37. Pemanas awal jenis kawat.

(Sumber : Memperbaiki sistim injeksi bahan bakar diesel, Wahyu Triyono, Edi Santoso)

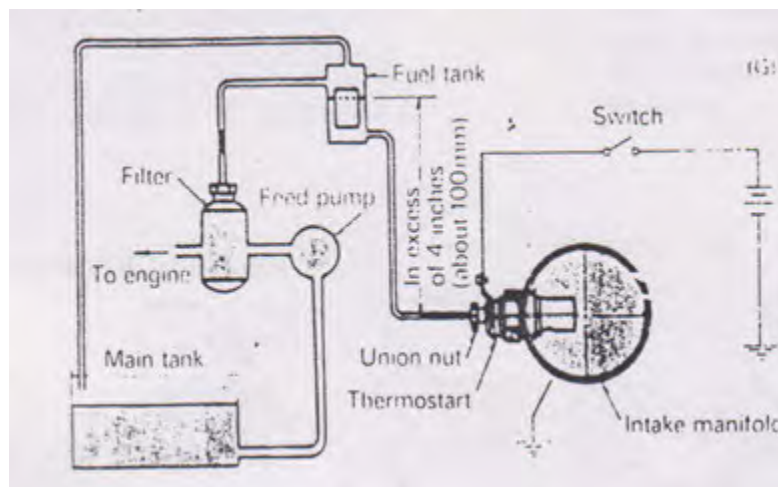
(3). Thermostat

Komponen-komponen thermostat meliputi :

- Sebuah katup bola.
- Sistim katup yang mengatur keluar masuknya bahan bakar.
- *Nozzle body*.

Cara kerja dari thermostat ini adalah sebagai berikut :

- Bila *switch* di “ON” kan maka arus mengalir melalui kumparan pemanas sehingga memanaskan *nozzle body*.
- Karena laju ekspansi panas pada sistim katup dan *body* tidak sama maka katup bola akan terbuka.
- Bahan bakar akan mengalir ke *body* dan akan diuapkan .

– Campuran bahan bakar dan udara kemudian disulut oleh penyulut.
– Kira-kira 7 sampai 13 menit setelah thermostat di switch “ON” *knob starter* mesin boleh ditekan.
– Jika mesin sudah mulai jalan motor *starter* di thermostat di “OFF”kan.
– Udara pada *intake* dihisap dengan cepat sehingga mendinginkan thermostat. Akibatnya katup bola akan tertutup kembali.

Gambar 38. Garis besar sistim aliran thermostat.

(Sumber :Mesin Diesel Yanmar , Jilid 2)

Knop *starter* tidak boleh ditekan terlalu cepat saat thermostat di “ON”kan ,karena kalau terlau cepat penyalaan tidak akan berjalan dengan baik serta udara tidak udara tidak cukup hangat meskipun bahan bakar telah menyala.

Periode penantian tidak terlalu lama ,karena ini akan menyebabkan kekurangan oksigen untuk penyalaan.waktu standarnya kira-kiranya 10 detik. Beberapa mesin juga menggunakan *detector* nyala api.

Penyebab gagalnya sistem penyalaan saat knop ditekan dikarenakan oleh hal-hal berikut ini :

– Kerusakan pada sistim bahan bakar atau kelistrikannya.
– Hubungan yang tidak baik atau rangkaian yang putus.
– Kekurangan atau terhambatnya aliran bahan bakar.
– Katup tidak bekerja dengan baik.

Lembar kerja

a. Kegiatan
   – Mengidentifikasi sistem start pada motor diesel.
   – Mengidentifikasi cara kerja dan bagian-bagian sistem *start*.
b. Alat
   – Motor diesel 1 silinder menggunakan *start* engkol.
   – Motor diesel yang menggunakan *start* elektrik.
   – *Toolset*.
   – *Special tool*.
   – Kain lap/ majun.
   – Peralatan tulis.
c. Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)
   – Sarung tangan.
   – *Safety shoes*.
d. Langkah kerja
   – Menyiapkan peralatan yang diperlukan.
   – Mengidentifikasi jenis sistem *start* yang dipakai pada motor diesel.
   – Menggambar rangkaian sistem *start*.
   – Membuat laporan kegiatan.

Adapun kesimpulan materi pada kegiatan belajar 2 yang telah dipelajari di atas dapat dirangkum sebagai berikut :

1) Sistem *start* berfungsi untuk melakukan gerakan awal agar mesin dapat hidup.
2) Sistim *start* dibagi menjadi 3 yaitu :
   - Sistem *start* dengan engkol (manual).
   - Sistem *start* dengan motor *starter* (elektrik).
   - Sistem *start* dengan udara bertekanan.
3) Sistem *start* dengan engkol atau manual dipakai pada motor dengan kapasitas kecil seperti motor diesel satu silinder.
4) Sistim *start* dengan engkol digerakkan menggunakan tenaga manusia dengan jalan memutarkan poros engkol menggunakan engkol.
5) Sistim *start* dengan motor *starter* (elektrik) dipakai pada motor yang berkapasitas menengah.
6) Sistem *start* dengan motor *starter* digerakkan oleh motor *starter* yang sumber tenaganya didapatkan dari *accumulator*..
7) Pada sistem *start* elektrik roda gigi *pinion* yang terpasang pada motor *starter* dapat bergerak maju dan mundur disebabkan oleh gaya elektromagnetis sehingga dapat berhubungan dengan roda gigi pada *flywheel*.
8) Sistem *start* dengan udara bertekanan dipakai pada motor yang berkapasitas besar.
9) Pada motor diesel seringkali dalam kondisi dingin mesin susah dihidupkan. Hal ini disebabkan karena panas kompresi diserap oleh motor diesel yang dingin sehingga menghalangi *start*.

   Untuk mengatasi hal tersebut maka sebuah pemanas listrik diletakkan dekat titik pembakaran atau sebuah alat yang

pembakar yang membakar sebagaian dari bahan bakar yang dipergunakan.

Cara tersebut biasanya digunakan untuk memanaskan mesin sebelum start. Sehingga dengan memanaskan udara yang ada dalam ruang bakar maka temperatur awal pembakaran akan tercapai.

10) Ada dua jenis alat yang sering dipakai sebagai pemanas awal saat start mesin yaitu :

glowplug atau busi pijar dan thermostat.

3. Refleksi

a. Refleksi komponen pembelajaran

a) Bagaimana tanggapan peserta didik terhadap rencana kegiatan belajar yang telah saya rancang?
Peserta didik sangat menyukai rencana kegiatan yang saya buat karena dapat mempermudah materi yang akan diajarkan.

b) Apakah kegiatan awal pelajaran yang saya lakukan dapat membangkitkan semangat peserta didik untuk mengikuti pelajaran dengan baik?
Ya, karena setiap awal pembelajaran selalu berikan pertanyaan atau apersepsi tentang materi yang akan diajarkan.Sehingga peserta didik mengetahui output materi pembelajaran yang disampaikan.

c) Bagaimana tanggapan siswa terhadap metode pembelajaran yang saya terapkan pada pelajaran hari ini ?

Peserta didik cukup nyaman dengan teknik ceramah,tanya jawab,demonstrasi yang saya terapkan dalam pembelajaran hari ini.

d) Bagaimana reaksi peserta didik terhadap materi ajar yang saya sajikan,apakah sesuai dengan yang diharapkan? Apakah materi terlalu susah atau terlalu mudah dan sesuai dengan kemampuan awal peserta didik ?

Materi sudah disesuaikan dengan kemampuan peserta didik saya.Hal ini dibuktikan dengan beberapa pertanyaan yang saya ajukan peserta didik sebagian besar dapat menjawab dengan benar.

e) Bagaimana tanggapan peserta didik terhadap cara penyampaian materi pada pelajaran hari ini.Apakah terlalu cepat atau lambat atau tidak jelas.

Peserta didik cukup memahami materi yang saya ajarkan karena intonasi dan suara yang saya sampaikan dapat didengar dengan baik dan materi yang saya sampaikan dapat dipahami dengan baik.

f) Bagaimana komentar siswa terhadap pengelolaan kelas (membimbing pembelajaran,cara pendekatan kepada peserta didik, cara memecahkan masalah dalam pembelajaran,cara meningkatkan motivasi dan kreatifitas dalam pembelajaran) yang saya lakukan?

Saya selalu berusaha menerapkan kondisi pembelajaran yang kondusif serta membuat peserta didik menjadi nyaman dan tidak terbebani dengan pembelajaran yang sedang dilaksanakan.

Ketika peserta didik sudah mulai kelihatan sudah capek,mengantuk saya mencoba mengatasi masalah tersebut dengan menganjurkan berdiri lalu melakukan pelenturan badan dan yang merasa mengantuk untuk cuci muka dulu .

Dari rangkaian kegiatan penyegaran tadi dapat membantu peserta didik kembali segar dan semangat lagi dalan mengikuti pembelajaran.

g) Bagaimana komentar peserta didik terhadap media pembelajaran yang digunakan apakah sudah sesuai dengan materi ajar atau belum ?
Media yang saya pergunakan sangat membantu peserta didik memahami materi yang diajarkan.

h) Apakah peserta didik dapat menerima penjelasan atau perintah yang saya berikan dengan baik ?
Para peserta didik mampu menerima penjelasan dan perintah yang saya berikan dengan baik.

i) Bagaimana tanggapan peserta didik terhadap penilaian yang saya laksanakan ?
Peserta didik merespons dengan baik karena soal-soal yang diberikan tidak menyimpang dari materi yang telah diajarkan.

j) Apakah peserta didik mampu mencapai angka kriteria ketuntasan minimal yang telah ditetapkan?
Peserta didik mampu mencapai angka KKM yang telah ditetapkan yaitu 7,50 ini berarti penguasaan materi oleh peserta didik sangat baik.

k) Apakah saya telah dapat mengatur dan memanfaatkan waktu pembelajaran dengan baik ?
Dengan waktu yang tersedia materi dapat dituntaskan dan diselesaikan dengan baik.

l) Apakah kegiatan menutup pelajaran yang telah saya lakukan dapat meningkatkan pemahaman peserta didik terhadap materi yang telah diajarkan hari ini ?

Ya,kegiatan ini dapat meningkatkan pemahaman peserta didik karena saya mengajak peserta didik untuk mengulang dan merangkum kembali materi telah diajarkan .

b. Refleksi keseluruhan terhadap aspek –aspek pembelajaran

a) Apakah rencana kegiatan belajar untuk peserta didik telah saya rencanakan dengan sistematis dan dapat meningkatkan prestasi belajar peserta didik.

Rencana kegiatan belajar yang saya susun sudah sesuai dengan kompetensi inti dan kompetensi dasar motor tenaga dan instalasi tenaga kapal niaga.

b) Apakah kelemahan-kelemahan saya dalam menyusun rencana kegiatan belajar dan mengaplikasikannya di dalam kelas? Apa dalam hal penguasaan materi ajar atau cara penyampaian materi ajar ke peserta didik atau dalam penggunaan media pembelajaran atau penggunaan metode pembelajaran atau penataan kegiatan atau pengelolaan kelas atau cara berkomunikasi dengan peserta didik atau pendekatan terhadap siswa atau dalam penggunaan waktu atau pelaksanaan penilaian belajar peserta didik?

Kelemahan saya dalam pembelajaran kali ini adalah berhubungan dengan penggunaan media pembelajaran.Karena masih secara konvensional

c) Bagaimana cara memperbaiki kelemahan tersebut sehingga pembelajaran dapat berjalan dengan baik?

Tapi untuk pertemuan berikutnya akan digunakan media proyektor dalam penyampaian materi sehingga peserta didik lebih mudah dalam menyerap materi yang diberikan.

d) Apa saja kelebihan – kelebihan yang telah saya hasilkan dalam merancang rencana kegiatan belajar serta melaksanakan pembelajaran didalam kelas?

Kegiatan belajar yang saya rancang dapat dilakukan dengan baik dan materi yang diajarkan dapat mudah dipahami oleh peserta didik.

e) Apa kelebihan dan kekuatan saya dalam mengajar dapat dipertahankan bahkan ditingkatkan ?

Pembelajaran aktif,inovatif, kreatif dan menyenangkan akan saya pertahankan untuk mencapai hasil belajar yang lebih baik

f) Hal-hal positif apa yang telah saya lakukan dalam pembelajaran ?

Saya menanamkam kepada peserta didik mengenai perlunya kepribadian dan perilaku karakter yang baik.Karena pembelajaran bukan hanya mengejar ketuntasan materi tetapi akhlak yang baik itu lebih utama.

g) Apakah materi yang saya ajarkan dapat dipertanggungjawabkan ?

Saya yakin materi yang saya ajarkan tidak akan menyimpang dari rambu – rambu yang telah diberikan yaitu sesuai dengan silabus pembelajaran yang ada.

4. Tugas

1) Gambarlah skema atau rangkaian dari sistem *start* dibawah ini :

   - Sistem manual (menggunakan engkol).
   - Sistem elektrik (menggunakan motor *starter*).

– Sistem udara tekan.

2) Jelaskan dengan kalimatmu sendiri sehingga mudah dimengerti cara kerja dari sistem start dibawah ini:

– Sistem manual (menggunakan engkol).
– Sistem elektrik (menggunakan motor *starter*).
– Sistem udara tekan.

3) Jelaskan keuntungan serta kerugian apabila menggunakan sistem *start* di bawah ini :

– Sistem manual (menggunakan engkol).
– Sistem elektrik (menggunakan motor *starter*).
– Sistem udara tekan.

5. Test Formatif

1. Pernyataan dibawah ini yang merupakan definisi sistem *starting* adalah…
   a. Gerakan akhir mesin.
   b. Gerakan balik putaran mesin.
   c. Gerakan awal untuk menghidupkan mesin.
   d. Gerakan perlahan-lahan mesin.
   e. Gerakan maju mundur mesin.

2. Sistem *start* pada suatu motor dikelompokkan menjadi…
   a. 1 macam *start*.
   b. 2 macam *start*.
   c. 3 macam *start*.
   d. 4 macam *start*.
   e. 5 macam *start*.

3. Sistem start manual cocok biasanya digunakan pada motor berkapasitas…
   a. Besar saja.
   b. Kecil saja.
   c. Sedang dan besar.
   d. Sedang saja.
   e. Besar dan kecil.

4. Agar saat mengengkol putaran mesin menjadi ringan maka harus menekan *handle*…
   a. Gas.
   b. Dekompresi.
   c. Gas dan pompa tangan.
   d. Pompa tangan.
   e. Tidak ada jawaban yang benar.

5. Sistem *start* elektrik biasanya digunakan pada mesin yang berkapasitas…
   a. Kecil saja.
   b. Besar saja.
   c. Sedang dan besar.
   d. Sedang saja.
   e. Besar dan kecil.

6. Bagian sistem *start* elektrik yang berfungsi sebagai sumber tenaga listrik adalah…
   a. *Accumulator*.
   b. Kunci kontak.
   c. *Pinion*.
   d. Motor listrik
   e. Solenoid.

7. Bagian motor *starter* yang berhubungan langsung dengan *flywheel* untuk memutarkan mesin adalah…
   a. Tuas penekan.
   b. Kumparan seri.
   c. *Plunyer*.
   d. Pinion.
   e. Kumparan *shunt*.

8. Kunci kontak pada sistem *start* elektrik berfungsi untuk…
   a. Memutuskan arus listrik.
   b. Pengaman arus listrik.
   c. Memutus dan menghubungkan arus listrik.
   d. Menghubungkan arus listrik.
   e. Menghasilkan arus listrik.

9. Sistem *start* dengan udara tekan biasanya digunakan pada mesin yang berkapasitas…
   a. Kecil saja.
   b. Besar saja.
   c. Sedang dan kecil.
   d. Sedang saja.
   e. Besar dan kecil.

10. Di bawah ini yang bukan merupakan komponen sistem *start* dengan udara tekan adalah…
    a. Tangki udara.
    b. Katup distribusi.
    c. Blower udara.
    d. Katup *start*.
    e. Katup *maneuver*.

11. Bagian yang berfungsi menghasilkan udara tekan pada sistem start dengan udara tekan dinamakan…
    a. Kompresor udara.
    b. Katup *start*.
    c. Katup distribusi.
    d. Tangki udara.
    e. Katup *maneuver*.

12. Bagian yang sistem udara tekan yang berfungsi membuka udara saat di *start* disebut katup….
    a. Katup pengaman.
    b. Katup *start*.
    c. Katup pembuangan.
    d. Katup distribusi.
    e. Katup *maneuver*.

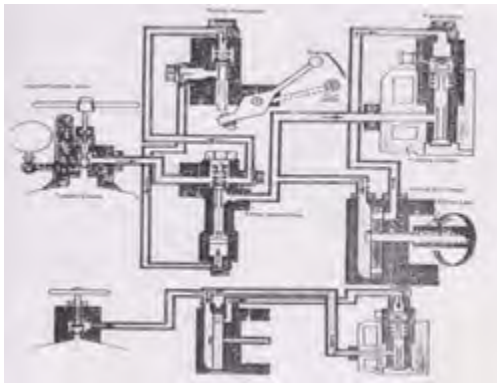
13. Katup yang berfungsi mengeluarkan timbunan hasil pengembunan dan uap dari dalam tangki dinamakan…
    a. Katup *start*.
    b. Katup distribusi.
    c. Katup *maneuver*.
    d. Katup pembuangan.
    e. Katup pengaman.

14. Katup ini berfungsi untuk mengatur pengisian udara agar tidak terjadi hal-hal yang membahayakan dinamakan katup…
    a. Katup *maneuver*.
    b. Katup pembuangan.
    c. Katup pengaman.
    d. Katup distribusi.
    e. Katup *start*.

15. Katup yang berfungsi mendistribusikan udara ke pemakai dinamakan katup…
    a. Katup *maneuver*.
    b. Katup pembuangan.
    c. Katup pengaman.
    d. Katup distribusi.
    e. Katup *start*.

16. Di bawah ini adalah komponen sistem *start* udara tekan yang dinamakan…..

    a. Kompresor udara.
    b. Katup pembuangan.
    c. Katup pengaman.
    d. Katup *start*.
    e. Katup distribusi.

17. Gambar di bawah ini merupakan rangkaian sistem…..

a. Sistem *start* elektrik.
b. Sistem *start* udara tekan.
c. Sistem pengaman udara.
d. Sistem *start* manual.
e. Sistem motor *starter*.

18. Motor diesel dalam melakukan start sering terjadi kendala dikarenakan ruangan yang masih dingin. Untuk mengatasi hal ini diperlukan……
    a. Sistem pelumasan.
    b. Sistem pendinginan.
    c. Sistem pengapian.
    d. Sistem pemanas awal.
    e. Sistem motor *starter*.

19. *Glowplug* atau busi pijar biasanya dipasang pada setiap silinder berjumlah…
    a. 1
    b. 2
    c. 3
    d. 4
    e. 5

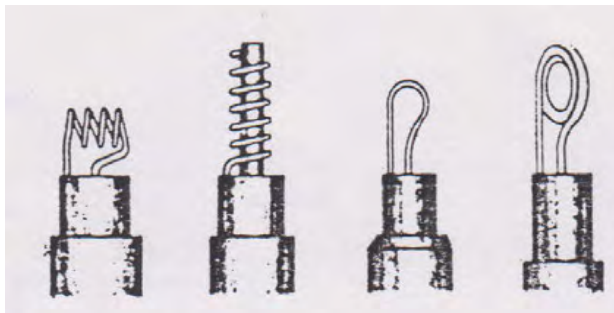
20. Yang bukan merupakan komponen *glowplug* adalah…
    a. *Conecting wires*.
    b. *Conecting insulator*.
    c. *Gasket*.
    d. *Heat coil*.
    e. *Conecting rod*.

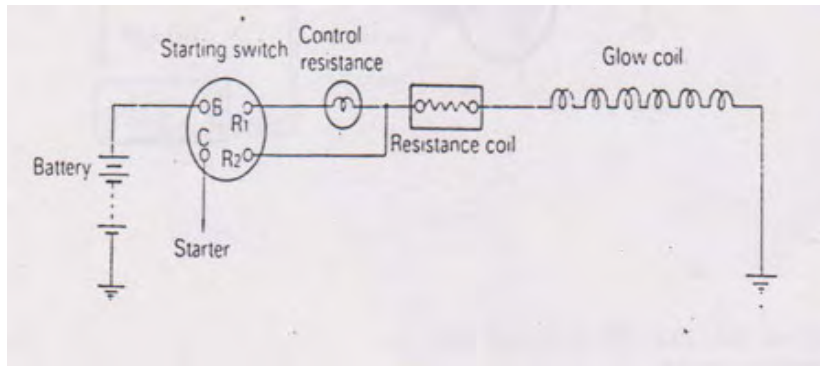
21. Waktu yang diperlukan untuk melakukan pemanasan mesin berkisar antara…
    a. 20 detik.

b. 30 detik.
c. 40 detik.
d. 50 detik.
e. 60 detik.

22. Untuk mengetahui keadaan kumparan pemanas dipakai alat…
    a. Pemanas
    b. Pendingin
    c. Kontrol
    d. Penduga
    e. Pembakar

23. Alat pemanas biasanya dipanasi sampai suhu…
    a. 500 ^{0}C
    b. 1000 ^{0}C
    c. 1500 ^{0}C
    d. 2000 ^{0}C
    e. 2500 ^{0}C

24. Di bawah ini menunjukkan gambar berbagai macam…

    a. Kumparan magnet.
    b. Kumparan seri.
    c. Kumparan pararel.
    d. Kumparan seri pararel.
    e. Kumparan pemanas.

25. Di bawah ini merupakan rangkaian…

a. Sistem *starter*.
b. Kumparan tahanan.
c. Baterai.
d. *Glowplug*.
e. Tahanan kontrol.

26. Agar *glowplug* dapat bekerja maka rangkaian dipasang secara….
a. Pararel.
b. Seri.
c. Seri Pararel.
d. Berjajar.
e. Tidak ada jawaban benar.

27. Di bawah ini adalah cirri-ciri dari *glowplug* khusus, kecuali…
a. Kumparannya tidak akan berkara .
b. Ketebalan kumparan tidak dibatasi sehingga bisa berbeda dari yang normal.
c. Temperatur yang tinggi dibutuhkan untuk menghasilkan 1000 ^{0}C di permukaan.
d. Kesulitan pada satu *plug* tidak berpengaruh terhadap *plug* yang lain karena terhubung pararel.
e. Ketebalan kumparannya sangat dibatasi.

28. Gambar di bawah ini pemanas awal jenis …

a. Melilit.
b. Batang.
c. Lurus.
d. Bentuk “U”.
e. Kawat.

29. Di bawah ini pemanas awal jenis….

a. Melilit.
b. Batang.
c. Lurus.
d. Kawat “U”.
e. Kawat.

30. Komponen-komponen thermostat meliputi …

a. Sebuah katup bola.
b. Sistim katup yang mengatur keluar masuknya bahan bakar.
c. *Nozzle body*.
d. Katup bola dan *nozzle body*.
e. Katup bola, katup keluar masuknya bahan bakar dan *nozzle body*.

Soal Essay

1. Jelaskan kegunaan sistem start pada motor?
2. Sebutkan 3 jenis sistem start pada motor?
3. Jelaskan mengenai sistem start manual (menggunakan engkol)!
4. Jelaskan mengenai sistem start elektrik (menggunakan motor starter)!
5. Jelaskan mengenai sistem start dengan udara tekan!
6. Jelaskan fungsi dari sistem pemanas awal!
7. Sebutkan jenis-jenis sistem pemanas awal pada motor diesel dengan sistem pembakaran langsung!

Kunci Jawaban Soal Tes Formatif

Soal Pilihan Ganda

1. C (Gerakan awal menghidupka mesin)
2. C (3 macam start)
3. B (Kecil saja)
4. B (Dekompresi)
5. D (Sedang saja)
6. A (Accumulator)
7. D (Pinion)
8. C (Memutus dan menghubungkan arus listrik)
9. B (Besar saja)
10. C (Blower udara)
11. A (Kompresor)

12. B (Katup start)
13. D (Katup pembuangan)
14. C (Katup pengaman)
15. D (Katup distribusi)
16. A (Kompresor udara)
17. B (Sistem start udara tekan)
18. D (Sistem pemanas awal)
19. A (1)
20. E (Conecting rod)
21. B (30 detik)
22. C (Kontrol)
23. B (1000^0C)
24. E (Kumparan pemanas)
25. D (Glowplug)
26. B (Seri)
27. E (Ketebalan kumparannya sangat dibatasi)
28. B (Batang)
29. E (Kawat)
30. E (Katup bola,katup keluar masuknya bahan bakar dan nozzle body)

Soal essay

1. Sistem start berfungsi melakukan gerakan awal agar mesin dapat hidup.
2. Sistem start dibagi menjadi 3 yaitu :
   – Sistem start dengan engkol (manual).
   – Sistem start dengan motor starter (elektrik).
   – Sistem start dengan udara bertekanan.
3. Sistem start manual biasa dipakai pada motor berkapasitas kecil. Untuk menghidupkannya dengan cara mengengkol. Saat mengengkol yang perlu

diperhatikan adalah handel dekompresi harus ditekan agar saat mengengkol terasa ringan.

4. Sistem start elektrik biasa dipakai pada motor berkapasitas sedang. Untuk menghidupkan dengan menggunakan motor starter untuk menggerakkan flywheel. Ketika kunci kontak di "ON' maka arus akan mengalir dan menimbulkan gaya elektomagnetis sehingga pinion akan bergerak menggerakkan fly wheel. Jika kunci kontak di "OFF"kan maka pinion akan terlepas dari flywheel karena gaya elektromagnetis hilang.
5. Sistem start dengan udara tekan biasanya digunakan pada motor berkapasitas besar. Adapun untuk menghidupkan motor digunakan udara bertekanan yang disimpan pada tangki udara. Pada saat mau digunakan katup start dibuka sehingga udara akan mengalir ke silinder sehingga mendorong piston dan menghidupkan motor.
6. Pada motor diesel seringkali dalam kondisi dingin mesin susah dihidupkan. Hal ini disebabkan karena panas kompresi diserap oleh motor diesel yang dingin sehingga menghalangi start. Untuk mengatasi hal tersebut maka sebuah pemanas listrik diletakkan dekat titik pembakaran atau sebuah alat yang pembakar yang membakar sebagaian dari bahan bakar yang dipergunakan. Cara tersebut biasanya digunakan untuk memanaskan mesin sebelum start. Sehingga dengan memanaskan udara yang ada dalam ruang bakar maka temperatur awal pembakaran akan tercapai.
7. Jenis pemanas awal yang dipakai pada sistem pembakaran langsung yaitu :
   - Pemanas awal jenis batang
   - Pemanas awal jenis kawat

Cocokkanlah jawaban anda dengan kunci jawaban yang ada.

Hitunglah jumlah jawaban anda yang benar, kemudian gunakanlah rumus di bawah ini untuk mengetahui tingkat penguasaan anda terhadap materi Kegiatan Belajar 2.

Norma Penilaian.

1. Untuk soal pilihan ganda setiap nomor ,apabila jawabannya benar nilainya "1".

   Jadi untuk soal pilihan ganda kalau benar semua berarti nilainya "30"

2. Untuk soal essay kalau jawabannya benar semua,masing – masing nomor soal nilainya sebagai berikut:
   a. Soal nomor 1 bobot nilainya = 5
   b. Soal nomor 2 bobot nilainya = 10
   c. Soal nomor 3 bobot nilainya = 10
   d. Soal nomor 4 bobot nilainya = 10
   e. Soal nomor 5 bobot nilainya = 10
   f. Soal nomor 6 bobot nilainya = 15
   g. Soal nomor 7 bobot nilainya = 10

   Jadi untuk soal essay kalau benar semua berarti nilainya "70"

3. Total Nilai = (Total nilai pilihan ganda + Total nilai essay)

   Arti tingkat penguasaan yang anda capai :

   90 - 100 : Baik sekali
   80 - 89 : Baik
   70 - 79 : Cukup
   ≤ 69 : Kurang

   Bila tingkat penguasaan anda mencapai 70 ke atas, anda dapat meneruskan ke kegiatan belajar berikutnya.Karena nilai kriteria ketuntasan minimal untuk kompetensi inti ini adalah 70.

   Tetapi apabila nilai yang anda capai di bawah 70 , anda harus mengulangi kegiatan belajar 2, terutama pada bagian yang belum anda kuasai.

C. Penilaian

1. Penilaian sikap

Penilaian sikap terhadap peserta didik terbagai menjadi dua penilaian yaitu :

- Penilaian oleh teman sejawat.
- Penilaian oleh guru.

LEMBAR PENILAIAN SIKAP

(oleh Teman Sejawat)

Kompetensi Dasar :……………………………..

Nama Siswa :......................................

Nomor Induk Siswa :......................................

Hari/Tanggal :......................................

NO	ASPEK SIKAP	SKOR PENILAIAN				
		1	2	3	4	5
1	Kerjasama					
2	Kedisiplinan					
3	Kejujuran					
4	Kemandirian					
5	Tanggung jawab					
6	Memecahkan masalah					
7	Ketelitian					
8	Kelengkapan data					
9	Menggunakan informasi dan teknologi					
10	Keuletan					
11	Bertutur kata yang santun					
12	Dapat dipercaya					
13	Suka menolong dalam kebaikan					
14	Menghormati teman					
15	Menghormati guru					
16	Kemauan yang keras dalam belajar belajar					
TOTAL SKOR						

LEMBAR PENILAIAN SIKAP

(oleh Guru)

Kompetensi Dasar :…………………………..

Nama Siswa :....................................

Nomor Induk Siswa :....................................

Hari/Tanggal :....................................

NO	ASPEK SIKAP	SKOR PENILAIAN				
		1	2	3	4	5
1	Kerjasama					
2	Kedisiplinan					
3	Kejujuran					
4	Kemandirian					
5	Tanggung jawab					
6	Memecahkan masalah					
7	Ketelitian					
8	Kelengkapan data					
9	Menggunakan informasi dan teknologi					
10	Keuletan					
11	Bertutur kata yang santun					
12	Dapat dipercaya					
13	Suka menolong dalam kebaikan					
14	Menghormati teman					
15	Menghormati guru					
16	Kemauan yang keras dalam belajar					
TOTAL SKOR						

Catatan :

a. Beri tanda cek (√) pada kolom skor perolehan sesuai keterangan berikut :

1 = Kurang sekali

2 = Kurang

3 = Cukup

4 = Baik

5 = Baik sekali

b. Penilaian ini dilakukan selama kegiatan pembelajaran dan diskusi,hasil dari penilaian ini digunakan untuk mengetahui tingkat atau kadar tingkah laku dan sikap yang digunakan sebagai bahan pertimbangan skor atau nilai akhir. Apabila nilai siswa lebih dari 7 maka siswa dinyatakan memiliki sikap positif dan baik.

2. Penilaian pengetahuan

Penilaian pengetahuan dilakukan dengan menggunakan berbagai macam cara.Adapun cara melakukan penilaian pengetahuan meliputi :

- Ulangan lisan.
- Ulangan tertulis.
- Tugas

Pada penilaian pengetahuan kali ini coba anda kerjakan tes formatif diatas dengan sejujur-jujurnya.

Jika anda dalam mengerjakan soal formatif diatas nilainya melebihi 70 maka anda dinyatakan sudah lulus.

3. Penilaian keterampilan.

Untuk mengetahui sejauh mana kemampuan peserta didik dalam memahami materi yang diajarkan maka diperlukanannya kegiatan praktek sehingga peserta didik akan lebih paham.

Selama peserta didik melakukan kegiatan guru harus memperhatikan dan melakukan penilaian sesuai dengan unsur –unsur penilaian keterampilan.

LEMBAR PENILAIAN KETERAMPILAN

Kompetensi Dasar :……………………………..

Nama Siswa :......................................

Nomor Induk Siswa :......................................

Hari/Tanggal :......................................

NO.	KOMPONEN	SKOR	
		MAX.	DICAPAI
1.	Prosedur Kerja a. Persiapan kerja (menyiapkan alat dan bahan praktek) b. Urutan pekerjaan sesuai dengan tahapannya.	30	
2.	a. Mengidentifikasi jenis sistem start pada motor diesel. b. Menggambar rangkaian sistem start.	20	
3.	Kebersihan, kerapian, ketelitian dan keselamatan kerja	20	
4.	Hasil kerja	20	
5.	Waktu	10	
	Total Skor	100	

TOTAL NILAI KESELURUHAN = 70 %(NK) X 30 % (NP)

Catatan :

NP : Nilai Pengetahuan

NK : Nilai Keterampilan

III. PENUTUP

Dengan diselesaikannya buku teks ini diharapkan dapat meningkatkan prestasi belajar peserta didik. Selain itu, kreatifitas dari peserta didik juga diperlukan untuk pengembangan dari materi yang sudah ada. Pengayaan materi ini bisa di akses lewat internet atau buku-buku yang sesuai dengan mata pelajaran motor diesel dan instalasi tenaga kapal niaga.

Penyusunan buku teks ini jauh dari sempurna, untuk itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan materi yang disajikan.

Besar harapan semoga buku teks ini dapat bermanfaat.

DAFTAR PUSTAKA

Arismunandar, W. Koichi Tsuda, (1986), *Motor diesel putaran tinggi*, Pradnya Paramita, Jakarta.

Triyono W., Edi santoso, (2012), *Memperbaiki Sistem Injeksi Bahan Bakar Diesel*, Erlangga, Jakarta.

Yanmar Diesel, (1980), *Buku Petunjuk Mesin Diesel Yanmar 1*, Pt Yanmar Indonesia, Jakarta.

Yanmar Diesel, 1980., *Buku Petunjuk Mesin Diesel Yanmar 2*, Pt Yanmar Indonesia, Jakarta.

www.pkppksupadio.wordpress.com; diakses jam 08.04 tanggal 04 November 2013.

www.marineinsight.com; diakses jam 11.33, tanggal 4 november 2013.

www.Sholikhin.staff.uii.ac.id; diakses jam 2.46, tanggal 4 november 2013.